

19.11.2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 4 年   3 月 1 2 日  
Date of Application:

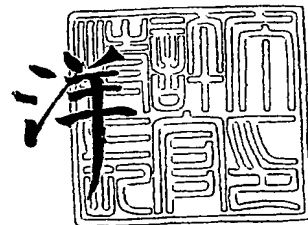
出 願 番 号      特 願 2 0 0 4 - 0 7 1 7 8 0  
Application Number:  
[ST. 10/C]:      [ J P 2 0 0 4 - 0 7 1 7 8 0 ]

出   願   人      松 下 電 器 産 業 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 5 年   1 月   7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号   出証特 2 0 0 4 - 3 1 2 0 4 0 C

【書類名】 特許願  
【整理番号】 7047960011  
【提出日】 平成16年 3月12日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H04L 27/32  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
    【氏名】 村上 豊  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
    【氏名】 小林 聖峰  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
    【氏名】 折橋 雅之  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
    【氏名】 松岡 昭彦  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
    【氏名】 今村 大地  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000005821  
    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100105050  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 鷺田 公一  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003-391860  
    【出願日】 平成15年11月21日  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2004- 3885  
    【出願日】 平成16年 1月 9日  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 041243  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 ~~特許請求の範囲~~ 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9700376

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

複数アンテナから同時に送信された複数の変調信号を複数アンテナで受信し、受信信号から、前記複数の変調信号の各々に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信装置であって、

前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか 1 つ以上を仮判定する仮判定部と、

自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部と、

削減された候補信号点と前記受信信号の受信点との信号点距離を計算することにより、自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定部と

を具備するマルチアンテナ受信装置。

**【請求項 2】**

さらに、各変調信号に挿入された既知信号に基づいて、各送信アンテナと各受信アンテナ間でのチャネル変動値を推定するチャネル変動推定部を具備し、

前記仮判定部は、前記チャネル変動値を要素とするチャネル変動行列を用いて各送信アンテナから送信された変調信号と各受信アンテナで受信した受信信号とを関連付け、前記チャネル変動行列の逆行列演算を行うことにより、受信信号を各送信アンテナから送信された変調信号に分離する分離部と、分離された各変調信号を軟判定又は硬判定することによりデジタル信号を得てこれを仮判定値とする判定部と、を有し、

前記信号点削減部は、前記チャネル変動値に基づいて、多重された前記複数の変調信号の全候補信号点を求め、この全候補信号点から前記仮判定値を用いて自変調信号についての候補信号点を絞り込むことにより、自変調信号についての候補信号点を削減する

請求項 1 に記載のマルチアンテナ受信装置。

**【請求項 3】**

さらに、前記主判定部により得られたデジタルデータのうち、自変調信号以外のデジタルデータを用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部を具備する

請求項 1 に記載のマルチアンテナ受信装置。

**【請求項 4】**

さらに、前記主判定部により得られたデジタルデータのうち、自変調信号以外のデジタルデータを用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部を具備し、前記主判定部により順次得られるデジタルデータを再帰的に用いて候補信号点を削減する

請求項 1 に記載のマルチアンテナ受信装置。

**【請求項 5】**

前記複数の変調信号は、各変調信号間で受信品質が異なるように変調された信号である

請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載のマルチアンテナ受信装置。

**【請求項 6】**

前記主判定部は、前記仮判定部での判定の信頼度を用いて判定を行う

請求項 1 に記載のマルチアンテナ受信装置。

**【請求項 7】**

前記主判定部は、前記仮判定部での各シンボルのパスメトリックを前記信頼度として用い、当該パスメトリックでブランチメトリックを重み付けて判定を行う

請求項 6 に記載のマルチアンテナ受信装置。

**【請求項 8】**

同時送信された複数の変調信号が伝搬路上で多重されてなる受信信号から、各変調信号に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信方法であって、

前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか 1 つ以上を仮判定する仮判定ステップと、

自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信

号点を削減する信号点削減ステップと、

削減された候補信号点と前記受信信号の受信点とに基づき自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定ステップと  
を含むマルチアンテナ受信方法。

【請求項 9】

前記仮判定ステップでは大まかな判定を行い、前記主判定ステップでは詳細な判定を行う

請求項 8 に記載のマルチアンテナ受信方法。

【請求項 10】

前記仮判定ステップでは、チャンネル変動行列の逆行列演算により各変調信号を分離し、分離後の各変調信号を変調信号毎に判定し、

前記主判定ステップでは、最尤判定を含む演算を行う

請求項 9 に記載のマルチアンテナ受信方法。

【請求項 11】

さらに、前記主判定ステップにより得られたデジタルデータを再帰的に用いたイタレーション処理により前記主判定ステップで用いる候補信号点を削減する信号点削減ステップを含む

請求項 8 に記載のマルチアンテナ受信方法。

【請求項 12】

前記主判定ステップでは、前記仮判定ステップでの判定の信頼度を用いて判定を行う

請求項 8 に記載のマルチアンテナ受信方法。

【請求項 13】

複数のアンテナと、

前記各アンテナに対応して設けられ、前記各アンテナから送信する信号をそれぞれ異なるインターリーブパターンでインターリーブする複数のインターリーブと

を具備するマルチアンテナ送信装置。

【請求項 14】

前記複数のインターリーブにおけるインターリーブパターンは、各インターリーブ間で無相関となるように選定されている

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 15】

さらに、インターリーブ後の各送信信号を OFDM 変調する OFDM 変調部を具備し、

前記複数のインターリーブのうち第 1 のインターリーブは、周波数の低いサブキャリアから周波数の高いサブキャリアへとデータを配置するインターリーブパターンが選定されていると共に、第 2 のインターリーブは、周波数の高いサブキャリアから周波数の低いサブキャリアへとデータを配置するインターリーブパターンが選定されている

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 16】

さらに、インターリーブ後の各送信信号を OFDM 変調する OFDM 変調部を具備し、

前記複数のインターリーブのうち第 1 のインターリーブは、サブキャリアの時間方向に時間の早い方から時間の遅い方へとデータを配置するインターリーブパターンが選定されていると共に、第 2 のインターリーブは、サブキャリアの時間方向に時間の遅い方から時間の早い方へとデータを配置するインターリーブパターンが選定されている

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 17】

さらに、時空間符号をデータシンボル間に挿入する時空間符号挿入部を具備する

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 18】

さらに、データシンボルと比較して判定誤りの小さい特殊シンボルを、データシンボル間に挿入する特殊シンボル挿入部を具備する

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 19】

さらに、符号化ブロック内で、必ず 1 度は、送信するアンテナを切り替えるアンテナ切り替え部を具備する

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 20】

前記インターリーブに代えて LDPC (Low Density Parity Check) 符号器を設け、当該 LDPC 符号器の生成行列を変えることで、前記各アンテナから送信する信号をそれぞれ異なるインターリーブパターンでインターリーブする

請求項 13 に記載のマルチアンテナ送信装置。

【請求項 21】

複数のアンテナを有し各アンテナから同時に異なる変調信号を送信するマルチアンテナ送信装置と、複数のアンテナを有し当該複数アンテナで受信した受信信号を復調することにより、各変調信号に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信装置と、を備えるマルチアンテナ通信システムであって、

前記マルチアンテナ送信装置は、

前記各アンテナから送信する信号をそれぞれ異なるインターリーブパターンでインターリーブする複数のインターリーブを具備し、

前記マルチアンテナ受信装置は、

前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか 1 つ以上を仮判定する仮判定部と、自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部と、

削減された候補信号点と前記受信信号の受信点との信号点距離を計算することにより、自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定部と、

を具備するマルチアンテナ通信システム。

【請求項 22】

前記マルチアンテナ送信装置は、さらに、時空間符号をデータシンボル間に挿入する時空間符号挿入部を具備する

請求項 21 に記載のマルチアンテナ通信システム。

【請求項 23】

前記マルチアンテナ送信装置は、さらに、データシンボルと比較して判定誤りの小さい特殊シンボルを、データシンボル間に挿入する特殊シンボル挿入部を具備する

請求項 21 に記載のマルチアンテナ通信システム。

【請求項 24】

前記マルチアンテナ送信装置は、さらに、符号化ブロック内で、必ず 1 度は、送信するアンテナを切り替えるアンテナ切り替え部を具備する

請求項 21 に記載のマルチアンテナ通信システム。

【請求項 25】

前記インターリーブに代えて LDPC (Low Density Parity Check) 符号器を設け、当該 LDPC 符号器の生成行列を変えることで、前記各アンテナから送信する信号をそれぞれ異なるインターリーブパターンでインターリーブする

請求項 21 に記載のマルチアンテナ通信システム。

## 【書類名】明細書

【発明の名称】マルチアンテナ受信装置、マルチアンテナ受信方法、マルチアンテナ送信装置及びマルチアンテナ通信システム

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明はマルチアンテナ受信装置、マルチアンテナ受信方法、マルチアンテナ送信装置及びマルチアンテナ通信システムに関し、特に送信側の複数アンテナから同時に送信された異なる変調信号を複数のアンテナで受信し、伝搬路上で複数の変調信号が多重化されてなる受信信号から各変調信号に対応する送信データを復元する技術に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) と呼ばれる通信方法のように複数系列の送信データをそれぞれ変調し、各変調データを複数のアンテナから同時に送信することで、データの通信速度を高めるようにしたものがある。受信側では、複数のアンテナからの送信信号を複数のアンテナで受信する。

## 【0003】

ここで各受信アンテナで得られる受信信号は、複数の変調信号が伝搬空間上で混ざり合ったものとなるので、各変調信号に対応するデータを復元するためには、各変調信号の伝搬路での変動値（以下これをチャネル変動と呼ぶ）を推定する必要がある。このため送信装置は予め変調信号にパイロットシンボル等の既知信号を挿入し、受信装置は変調信号に挿入された既知信号に基づいて、各送信アンテナと各受信アンテナ間の伝搬空間でのチャネル変動を推定する。そしてこのチャネル変動推定値を用いて各変調信号を復調する。

## 【0004】

その一つの方法として、チャネル変動推定値を要素とする行列の逆行列演算を行って各変調信号を分離する方法がある。また別の方法として、チャネル変動推定値を用いて候補信号点位置を求め、この候補信号点位置と受信信号点位置との間で最尤判定 (MLD: Maximum Likelihood Detection) を行うことで、各変調信号により送信されたデータを復元する方法がある。

## 【0005】

このようなマルチアンテナを用いた通信技術については、例えば非特許文献1で開示されている。以下、この非特許文献1に開示された内容について、図64を用いて簡単に説明する。マルチアンテナ送信装置1は、変調信号生成部3に送信信号A及び送信信号Bを入力する。変調信号生成部3は各送信信号A、Bに対してQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) や16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 等のデジタル変調処理を施し、これにより得たベースバンド信号4、5を無線部6に送出する。無線部6はベースバンド信号4、5に対してアップコンバートや増幅等の無線処理を施し、これにより得た変調信号7、8を各アンテナ9、10に送出する。このようにしてマルチアンテナ送信装置1は、送信信号Aの変調信号7をアンテナ9から送信すると共に、これと同時に送信信号Bの変調信号8をアンテナ10から送信するようになっている。

## 【0006】

マルチアンテナ受信装置2は、アンテナ11で受信した受信信号12を無線部13に入力すると共に、アンテナ15で受信した受信信号16を無線部17に入力する。無線部13、17は受信信号12、16に対してダウンコンバート等の無線処理を施し、これにより得たベースバンド信号14、18を復調部19に送出する。

## 【0007】

復調部19はベースバンド信号14、18を検波することにより、送信信号Aの受信デジタル信号20及び送信信号Bの受信デジタル信号21を得る。このとき非特許文献1では、復調部19において、チャネル推定行列の逆行列演算を行って受信デジタル信号20、21を得る方法と、最尤判定 (MLD) を行って受信デジタル信号20、21を得る方法が記載されている。

## 【0008】

また従来、複数アンテナを用いた送信方法として、非特許文献2に開示されているように時空間ブロック符号を送信することにより、品質の良い（誤り率特性の良い）データ伝送を実現する技術が知られている。以下、この非特許文献2に開示された内容について図面を用いて説明する。

## 【0009】

図65に示すように、送信装置は複数のアンテナAN1、AN2を有し、各アンテナAN1、AN2から同時に信号を送信する。受信装置は、同時に送信された複数の信号をアンテナAN3で受信する。

## 【0010】

図66に、各アンテナAN1、AN2から送信される信号のフレーム構成を示す。アンテナAN1からは送信信号Aが送信され、これと同時にアンテナAN2からは送信信号Bが送信される。送信信号A及び送信信号Bは、符号化利得とダイバーシチ利得とが得られるように同じシンボルが複数回配置されたシンボルブロックからなる。

## 【0011】

さらに詳しく説明する。図66において、S1、S2はそれぞれ異なるシンボルを示すと共に、複素共役を“\*”で示す。時空間ブロック符号化では、時点iにおいて、第1のアンテナAN1からシンボルS1を送信すると同時に第2のアンテナAN2からシンボルS2を送信し、続く時点i+1において、第1のアンテナAN1からシンボルS2\*を送信すると同時に第2のアンテナAN2からシンボルS1\*を送信する。

## 【0012】

受信装置のアンテナAN3では、アンテナAN1とアンテナAN3間の伝送路変動 $h_1(t)$ を受けた送信信号Aと、アンテナAN2とアンテナAN3間の伝送路変動 $h_2(t)$ を受けた送信信号Bとが合成された信号が受信される。

## 【0013】

受信装置は、伝送路変動 $h_1(t)$ と $h_2(t)$ を推定し、その推定値を用いることにより、合成された受信信号から元の送信信号Aと送信信号Bを分離した後に、各シンボルを復調するようになっている。

## 【0014】

この際、図66に示すような時空間ブロック符号化された信号を用いると、信号分離時に、伝送路変動 $h_1(t)$ 、 $h_2(t)$ に拘わらず各シンボルS1、S2を最大比合成できるようになるので、大きな符号化利得とダイバーシチ利得とが得られるようになる。この結果、受信品質すなわち誤り率特性を向上させることができる。

【非特許文献1】 “Multiple-antenna diversity techniques for transmission over fading channels” IEEE WCNC 1999, pp.1038-1042, Sep. 1999.

【非特許文献2】 “Space-Time Block Codes from Orthogonal Design” IEEE Transactions on Information Theory, pp.1456-1467, vol.45, no.5, July 1999

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0015】

ところで、非特許文献2のようなマルチアンテナを用いたシステムでは、データ通信速度は上がるものの、特に受信装置の構成が複雑化する問題がある。特に最尤判定（MLD）を行って各変調信号に対応するデータを得る方法では、候補信号点と受信点との間の最尤判定に要する演算数が多くなるため、回路規模が大きくなってしまう。

## 【0016】

具体的に、送信アンテナ数が2で、受信アンテナ数が2の場合を考えると、QPSKを施した変調信号を各アンテナから送信した場合、 $4 \times 4 = 16$ 個の候補信号点が存在することになる。さらに16QAMを施した変調信号を各アンテナから送信した場合には、 $16 \times 16 = 256$ 個の候補信号点が存在することになる。最尤判定（MLD）を行う場合、実際の受信点とこれらの全候補信号点との距離を計算する必要があるため、膨大な計算が

必要となり、回路規模の増大に繋がる。

#### 【0017】

これに対して、チャネル推定行列の逆行列を用いて、受信信号から各変調信号を分離した後に判定を行う方法では、最尤判定 (MLD) を行う方法と比較して演算数が少なくなるため、回路規模は小さくなるが、電波伝搬環境によっては誤り率特性が低下し、この結果受信データの誤り率特性が劣化する欠点がある。誤り率特性が低下すると、実質的なデータ通信速度が低下することに繋がる。

#### 【0018】

また非特許文献 2 のような時空間ブロック符号化した信号を用いると、確かに受信品質 (誤り率特性) は向上するものの、伝送効率が低下する欠点がある。すなわち、時点  $i+1$  で送信される  $S1^*$  や  $-S2^*$  は、受信装置においては  $S1$ 、 $S2$  として復調されるので、実質的には時点  $i$  で送信された  $S1$ 、 $S2$  と同じ情報である。このため、同じ情報を 2 度送信していることになり、この分データの伝送効率が低下する。

#### 【0019】

例えば一般的なマルチアンテナ通信システムにおいては、時点  $i+1$  おいてシンボル  $S1$ 、 $S2$  とは異なるシンボル  $S3$ 、 $S4$  を送信するので、時点  $i$  から時点  $i+1$  の期間では 4 つのシンボル  $S1 \sim S4$  を送信することができる。つまり、単純に考えると、時空間ブロック符号化技術を用いた場合、データ伝送効率が、一般的なマルチアンテナ通信の半分に低下してしまう。

#### 【0020】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、STBC を用いた伝送方法と比較してデータ伝送効率を低下させることなく、かつ最大比合成に近い受信品質を得ることができるといった従来技術では為し得なかった通信を可能とし、さらには比較的少ない演算回数でこれを達成することができるマルチアンテナ受信装置、マルチアンテナ受信方法、マルチアンテナ送信装置及びマルチアンテナ通信システムを提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0021】

かかる課題を解決するため本発明のマルチアンテナ受信装置は、複数アンテナから同時に送信された複数の変調信号を複数アンテナで受信し、受信信号から前記複数の変調信号の各々に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信装置であって、前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか 1 つ以上を仮判定する仮判定部と、自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部と、削減された候補信号点と前記受信信号の受信点との信号点距離を計算することにより自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定部とを具備する構成を採る。

#### 【0022】

この構成によれば、他の変調信号の仮判定結果を使って自変調信号の候補信号点を削減した後に、主判定を行うようにしたので、主判定で最尤判定 (MLD) 等の詳細な判定を行った場合の演算量が削減される。この結果、目的の変調信号に対応するデジタルデータを小さい回路規模で正確に求めることができるようになる。

#### 【0023】

本発明のマルチアンテナ受信装置は、さらに、各変調信号に挿入された既知信号に基づいて各送信アンテナと各受信アンテナ間でのチャネル変動値を推定するチャネル変動推定部を具備し、前記仮判定部は、前記チャネル変動値を要素とするチャネル変動行列を用いて各送信アンテナから送信された変調信号と各受信アンテナで受信した受信信号とを関連付け、前記チャネル変動行列の逆行列演算を行うことにより、受信信号を各送信アンテナから送信された変調信号に分離する分離部と、分離された各変調信号を軟判定又は硬判定することによりデジタル信号を得てこれを仮判定値とする判定部と、を有し、前記信号点削減部は、前記チャネル変動値に基づいて、多重された前記複数の変調信号の全候補信号点を求め、この全候補信号点から前記仮判定値を用いて自変調信号についての候補信号



点を絞り込むことにより自変調信号についての候補信号点を削減する構成を採る。

【0024】

この構成によれば、仮判定部を小さい回路規模で実現できるようになる。

【0025】

本発明のマルチアンテナ受信装置は、さらに、前記主判定部により得られたデジタルデータのうち、自変調信号以外のデジタルデータを用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部を具備する構成を採る。

【0026】

この構成によれば、主判定部により得られるデジタルデータは、仮判定部により得られるデジタルデータよりも誤り率特性の良いデータであり、このデータを用いて候補信号点を削減するので、的確な候補信号点の絞り込みができるようになる。

【0027】

本発明のマルチアンテナ受信装置は、さらに、前記主判定部により得られたデジタルデータのうち、自変調信号以外のデジタルデータを用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部を具備し、前記主判定部により順次得られるデジタルデータを再帰的に用いて候補信号点を削減する構成を採る。

【0028】

この構成によれば、所謂イタレーションにより候補信号点を削減するようにしたので、一段と的確な候補信号点の絞り込みができるようになるので、主判定部により得られるデジタルデータの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

【0029】

本発明のマルチアンテナ受信装置は、前記複数の変調信号は、各変調信号間で受信品質が異なるように変調された信号である構成を採る。

【0030】

この構成によれば、例えば第1の変調信号の変調多値数を第2の変調信号の変調多値数よりも少なくし、第1の変調信号を仮判定し、その仮判定結果を用いて第2の変調信号についての候補信号点を削減すれば、受信品質の良い第1の変調信号の仮判定結果によって的確な信号点削減を行うことができるようになる。この結果、第2の変調信号を主判定したデジタルデータは、伝送速度が高くかつ誤り率特性の良いものとなる。これにより、受信品質の向上と伝送速度の向上の両立を図ることができる。

【0031】

本発明のマルチアンテナ受信装置は、前記主判定部が、前記仮判定部での判定の信頼度を用いて判定を行うようにする。

【0032】

また本発明のマルチアンテナ受信装置は、前記主判定部が、前記仮判定部での各シンボルのパスメトリックを前記信頼度として用い、当該パスメトリックでブランチメトリックを重み付けて判定を行うようにする。

【0033】

これらの構成によれば、主判定処理により得られるデータの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

【0034】

本発明のマルチアンテナ受信方法は、同時送信された複数の変調信号が伝搬路上で多重されてなる受信信号から、各変調信号に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信方法であって、前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか1つ以上を仮判定する仮判定ステップと、自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減ステップと、削減された候補信号点と前記受信信号の受信点とに基づき自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定ステップとを含むようにする。

【0035】

この方法によれば、他の変調信号の仮判定結果を使って自変調信号の候補信号点を削減

した後に、主判定を行うようにしたので、主判定で少ない演算量で的確な判定処理を行うことができるようになり、小さな回路規模で誤り率特性の良い受信データを得ることができる。

**【0036】**

本発明のマルチアンテナ受信方法は、前記仮判定ステップでは大まかな判定を行い、前記主判定ステップでは詳細な判定を行うようにする。

**【0037】**

本発明のマルチアンテナ受信方法は、前記仮判定ステップでは、チャネル変動行列の逆行列演算により各変調信号を分離し、分離後の各変調信号を変調信号毎に判定し、前記主判定ステップでは、最尤判定を含む演算を行うようにする。

**【0038】**

本発明のマルチアンテナ受信方法は、さらに、前記主判定ステップにより得られたデジタルデータを再帰的に用いたイタレーション処理により前記主判定ステップで用いる候補信号点を削減する信号点削減ステップを含むようにする。

**【0039】**

本発明のマルチアンテナ送信装置は、複数のアンテナと、前記各アンテナに対応して設けられ、前記各アンテナから送信する信号をそれぞれ異なるインターリーブパターンでインターリーブする複数のインターリーブとを具備する構成を採る。

**【0040】**

この構成によれば、伝搬路上で多重化された変調信号から、例えばある変調信号の判定結果に基づいて他の変調信号の候補信号点を絞り込んだ後に、前記他の変調信号の判定を行うような場合に、両方の変調信号のデータがバースト的に誤る確率を低くできるので、前記他の変調信号の判定結果であるデータの誤り率特性を向上させることができるようになる。特に、誤り訂正符号を用いている場合に効果的である。

**【0041】**

本発明のマルチアンテナ送信装置は、前記複数のインターリーブにおけるインターリーブパターンは、各インターリーブ間で無相関となるように選定されている構成を採る。

**【0042】**

この構成によれば、前記ある変調信号と前記他の変調信号の両方のデータがバースト的に誤る確率を一段と低減できるので、前記他の変調信号の判定結果であるデータの誤り率特性を一段と向上させることができる。

**【0043】**

本発明のマルチアンテナ送信装置は、さらに、インターリーブ後の各送信信号をOFDM変調するOFDM変調部を具備し、前記複数のインターリーブのうち第1のインターリーブは、周波数の低いサブキャリアから周波数の高いサブキャリアへとデータを配置するインターリーブパターンが選定されていると共に、第2のインターリーブは、周波数の高いサブキャリアから周波数の低いサブキャリアへとデータを配置するインターリーブパターンが選定されている構成を採る。

**【0044】**

また本発明のマルチアンテナ送信装置は、さらに、インターリーブ後の各送信信号をOFDM変調するOFDM変調部を具備し、前記複数のインターリーブのうち第1のインターリーブは、サブキャリアの時間方向に時間の早い方から時間の遅い方へとデータを配置するインターリーブパターンが選定されていると共に、第2のインターリーブは、サブキャリアの時間方向に時間の遅い方から時間の早い方へとデータを配置するインターリーブパターンが選定されている構成を採る。

**【0045】**

これら構成によれば、第1のインターリーブによりインターリーブされて第1のアンテナから送信されたOFDM変調信号の判定後のデータと、第2のインターリーブによりインターリーブされて第2のアンテナから送信されたOFDM変調信号の判定後のデータの両方がバースト的に誤る確率が低くなるので、前記他の変調信号の判定結果であるデータ

の誤り率特性を向上させることができるようになる。

【0046】

本発明のマルチアンテナ送信装置は、さらに、時空間符号をデータシンボル間に挿入する時空間符号挿入部を具備する構成を採る。

【0047】

また本発明のマルチアンテナ送信装置は、さらに、データシンボルと比較して判定誤りの小さい特殊シンボルを、データシンボル間に挿入する特殊シンボル挿入部を具備する構成を採る。

【0048】

これらの構成によれば、時空間符号や特殊シンボルによって信頼性の高いシンボル判定を行うことができるようになるので、この判定結果に基づいてデータシンボルについての信号点削減を行うと、削減された信号点の信頼性も高くなる。この結果、削減された信号点を用いてデータシンボルを判定すれば、一段とデータシンボルの誤り率特性を向上させることができるようになる。

【0049】

本発明のマルチアンテナ送信装置は、インターリーブに代えてLDPC (Low Density Parity Check) 符号器を設け、当該LDPC符号器の生成行列を変えることで、各アンテナから送信する信号をそれぞれ異なるインターリーブパターンでインターリーブする構成を採る。

【0050】

この構成によれば、インターリーブ用いなくてもインターリーブを用いたのと同等のインターリーブ処理を行うことができるので、回路規模を削減することができる。

【0051】

本発明のマルチアンテナ通信システムは、複数のアンテナを有し各アンテナから同時に異なる変調信号を送信するマルチアンテナ送信装置と、複数のアンテナを有し当該複数アンテナで受信した受信信号を復調することにより、各変調信号に対応するデータ系列を復元するマルチアンテナ受信装置と、を備えるマルチアンテナ通信システムであって、前記マルチアンテナ送信装置は、前記各アンテナから送信する信号をそれぞれ異なるインターリーブパターンでインターリーブする複数のインターリーブを具備し、前記マルチアンテナ受信装置は、前記受信信号から前記変調信号の全て又はいずれか1つ以上を仮判定する仮判定部と、自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減する信号点削減部と、削減された候補信号点と前記受信信号の受信点との信号点距離を計算することにより、自変調信号についてのデジタルデータを得る主判定部と、を具備する構成を採る。

【0052】

この構成によれば、他の変調信号の仮判定結果を使って自変調信号の候補信号点を削減した後に、主判定を行うようにしたので、主判定で最尤判定 (MLD) 等の詳細な判定を行った場合の演算量が削減される。この結果、目的の変調信号に対応するデジタルデータを小さい回路規模で正確に求めることができるようになる。さらに、各変調信号のインターリーブパターンが異なるので、両方の変調信号のデータがパースト的に誤る確率が低くなり、主判定を一段と正確に行うことができ、この結果データの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

【発明の効果】

【0053】

このように本発明によれば、同時送信された複数の変調信号が伝搬路上で多重されてなる受信信号から、各変調信号の全て又はいずれか1つ以上を仮判定し、自変調信号以外の変調信号についての仮判定結果を用いて自変調信号についての候補信号点を削減し、削減した候補信号点と前記受信信号の受信点とに基づき自変調信号についてのデジタルデータを得るようにしたことにより、STBCを用いた伝送方法と比較してデータ伝送効率を低下させることなく、かつ最大比合成に近い受信品質を得ることができるといった従来技

術では為し得なかった通信を可能とし、さらには比較的少ない演算回数でこれを達成することができるようになる。

#### 【0054】

また各アンテナから送信する送信信号を異なるインターリーブパターンでインターリーブするようにしたことにより、マルチアンテナ受信装置での誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0055】

マルチアンテナ送信装置から同時送信され、伝搬路上で多重化された複数の変調信号をマルチアンテナ受信装置で受信し、各変調信号の信号点判定を行って誤り率特性の良いデータを得るには、膨大な演算量が必要となる。特にチャネル数（アンテナ数）が多いほど、変調多値数が多いほど、演算回数が多くなる。

#### 【0056】

本発明の骨子は、変調信号の受信点を判定して受信データを得る際に用いる候補信号点を、自変調信号以外の他の変調信号の判定値を使って削減し、削減した候補信号点を用いて自変調信号についての判定（主判定）を行うことである。

#### 【0057】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

#### 【0058】

##### （実施の形態1）

図1に、本実施の形態で説明するマルチアンテナ通信システムの全体構成を示す。本実施の形態では、説明を簡単化するために、送信アンテナが2本で、受信アンテナが2本の場合について記述するが、M（ $M \geq 2$ ）本の送信アンテナと、N（ $N \geq 2$ ）本の受信アンテナを有するマルチアンテナシステムに適用可能である。

#### 【0059】

マルチアンテナ通信システム100のマルチアンテナ送信装置110は、送信部111において各送信デジタル信号TA、TBに対して所定の変調処理や無線周波数への変換処理を施すことにより変調信号Ta、Tbを得、これを各アンテナAN1、AN2から送信する。マルチアンテナ受信装置120は、各アンテナAN3、AN4で受信した受信信号R1、R2を受信部121に入力する。受信部121は受信信号R1、R2に対して復調処理を施すことにより、送信デジタル信号TA、TBに対応する受信データRA、RBを得る。

#### 【0060】

ここでアンテナAN1から送信された変調信号Taは、チャネル変動 $h_{11}(t)$ 、 $h_{12}(t)$ を受けた後にアンテナAN3、AN4で受信される。またアンテナAN2から送信された変調信号Tbは、チャネル変動 $h_{21}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ を受けた後にアンテナAN3、AN4で受信される。

#### 【0061】

よって、時間のパラメータtを用いて、アンテナAN1から送信される信号をTa(t)、アンテナAN2から送信される信号をTb(t)、受信アンテナAN3で受信した信号をR1(t)、受信アンテナAN4で受信した信号をR2(t)とすると、以下の関係式が成立する。

#### 【0062】

##### 【数1】

$$\begin{pmatrix} R1(t) \\ R2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11}(t) & h_{21}(t) \\ h_{12}(t) & h_{22}(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Ta(t) \\ Tb(t) \end{pmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

図2に、マルチアンテナ送信装置110の構成を示す。マルチアンテナ送信装置110は符号化部201A、201Bに送信デジタル信号TA、TBを入力する。符号化部201A、201Bは、フレーム構成信号生成部210からのフレーム構成信号S10に従

って、送信デジタル信号TA、TBに畳み込み符号化処理を施すことにより符号化データS1A、S1Bを形成し、これを変調部202A、202Bに送出する。

#### 【0063】

変調部202A、202Bは、符号化データS1A、S1Bに対してQPSKや16QAM等の変調処理を施すと共に、フレーム構成信号S10に従ったタイミングでチャネル推定用のシンボルを挿入することにより、ベースバンド信号S2A、S2Bを形成し、これを拡散部203A、203Bに送出する。図3に、各ベースバンド信号のフレーム構成例を示す。

#### 【0064】

拡散部203A、203Bは、ベースバンド信号に拡散符号を乗算することにより拡散されたベースバンド信号S3A、S3Bを得、これを無線部204A、204Bに送出する。なお拡散部203Aと拡散部203Bとは異なる拡散符号を用いるようになっている。無線部204A、204Bは、拡散されたベースバンド信号S3A、S3Bに対してアップコンバートや増幅等の無線処理を施すことにより変調信号Ta、Tbを形成し、これをアンテナAN1、AN2に供給する。

#### 【0065】

かくして各アンテナAN1、AN2からは、時間軸方向に畳み込み符号化された異なる変調信号Ta、Tbが同時に送信される。

#### 【0066】

図4に、マルチアンテナ受信装置120の全体構成を示す。マルチアンテナ受信装置120はアンテナAN3、AN4で受信した受信信号R1、R2をそれぞれ無線部401-1、401-2に供給する。無線部401-1、401-2は、受信信号に対してダウンコンバートや直交復調などの無線処理を施すことによりベースバンド信号R1-1、R2-1を得、これを逆拡散部402-1、402-2に送出する。

#### 【0067】

逆拡散部402-1は、ベースバンド信号R1-1に対して図2の拡散部203A及び拡散部203Bで用いた拡散符号と同じ拡散符号を用いた逆拡散処理を施すことにより逆拡散後のベースバンド信号R1-2を得、これを変調信号Aのチャネル変動推定部403-1A、変調信号Bのチャネル変動推定部403-1B及び信号処理部404に送出する。

#### 【0068】

同様に、逆拡散部402-2は、ベースバンド信号R2-1に対して図2の拡散部203A及び拡散部203Bで用いた拡散符号と同じ拡散符号を用いた逆拡散処理を施すことにより逆拡散後のベースバンド信号R2-2を得、これを変調信号Aのチャネル変動推定部403-2A、変調信号Bのチャネル変動推定部403-2B及び信号処理部404に送出する。

#### 【0069】

変調信号Aのチャネル変動推定部403-1Aは、チャネル推定シンボルに基づき変調信号A（アンテナAN1から送信された変調信号Ta）のチャネル変動を推定することによりチャネル変動推定値h11を得る。これにより、アンテナAN1とアンテナAN3間のチャネル変動が推定される。変調信号Bのチャネル変動推定部403-1Bはチャネル推定シンボルに基づき変調信号B（アンテナAN2から送信された変調信号Tb）のチャネル変動を推定することによりチャネル変動推定値h21を得る。これによりアンテナAN2とアンテナAN3間のチャネル変動が推定される。

#### 【0070】

同様に、変調信号Aのチャネル変動推定部403-2Aは、チャネル推定シンボルに基づき変調信号A（アンテナAN1から送信された変調信号Ta）のチャネル変動を推定することによりチャネル変動推定値h12を得る。これにより、アンテナAN1とアンテナAN4間のチャネル変動が推定される。変調信号Bのチャネル変動推定部403-2Bはチャネル推定シンボルに基づき変調信号B（アンテナAN2から送信された変調信号Tb

) のチャネル変動を推定することによりチャネル変動推定値  $h_{22}$  を得る。これによりアンテナ AN2 とアンテナ AN4 間のチャネル変動が推定される。

#### 【0071】

信号処理部 404 は、逆拡散後のベースバンド信号  $R_{1-2}$ 、 $R_{2-2}$  に加えて、チャネル変動推定値  $h_{11}$ 、 $h_{21}$ 、 $h_{12}$ 、 $h_{22}$  を入力し、チャネル変動推定値  $h_{11}$ 、 $h_{21}$ 、 $h_{12}$ 、 $h_{22}$  を用いてベースバンド信号  $R_{1-2}$ 、 $R_{2-2}$  の復号や検波等を行うことにより、送信デジタル信号 TA、TB に対応する受信データ RA、RB を得るようになっている。

#### 【0072】

図 5 に、本実施の形態の信号処理部 404 の構成を示す。信号処理部 404 は分離部 501 にベースバンド信号  $R_{1-2}$ 、 $R_{2-2}$ 、チャネル変動推定値  $h_{11}$ 、 $h_{21}$ 、 $h_{12}$ 、 $h_{22}$  を入力する。

#### 【0073】

分離部 501 は、ベースバンド信号  $R_{1-2}$ 、 $R_{2-2}$  と、チャネル変動推定値  $h_{11}$ 、 $h_{21}$ 、 $h_{12}$ 、 $h_{22}$  とを、(1) 式に当てはめて (1) 式の逆行列演算を行うことにより、送信デジタル信号 TA の推定ベースバンド信号 502 と送信デジタル信号 TB の推定ベースバンド信号 505 を得る。このように分離部 501 は、最尤判定 (MLD) を行うのではなく、逆行列演算によって信号分離を行うため、最尤判定を行う場合に比して小さな回路規模で信号分離を行うことができる。分離部 501 は、送信デジタル信号 TA の推定ベースバンド信号 502 を軟判定部 503 に送出すると共に、送信デジタル信号 TB の推定ベースバンド信号 505 を軟判定部 506 に送出する。

#### 【0074】

軟判定部 503、506 は、それぞれ、推定ベースバンド信号 502、505 の軟判定値を求めた後、軟判定値に対して誤り訂正処理を施すことにより、デジタルデータでなる判定値 504、507 を得る。軟判定部 503 により得られた判定値 504 は、信号点削減部 514、516 に送出される。また軟判定部 506 により得られた判定値 507 は、信号点削減部 508、510 に送出される。

#### 【0075】

図 6 に、軟判定部 503、506 の構成を示す。軟判定部 503 と軟判定部 506 の構成は同様なので、ここでは軟判定部 503 の構成のみ説明する。軟判定部 503 は推定ベースバンド信号 502 を軟判定値計算部 601 に入力する。軟判定値計算部 601 は、推定ベースバンド信号 502 のブランチメトリック及びパスメトリックを求めることにより、推定ベースバンド信号 502 のデータ系列 602 を計算し、このデータ系列 602 を判定部 603 に送出する。判定部 603 はデータ系列 602 に対して誤り訂正処理を施し、誤り訂正後のデータを判定値 504 として出力する。

#### 【0076】

図 7 を用いて軟判定部 503、506 での処理を具体的に説明する。図 7 は、送信デジタル信号 TA、TB が QPSK 変調されたときの信号点配置例を示す。図中、701 は受信信号点であり、推定ベースバンド信号 502、505 に相当する。軟判定部 503、506 は、図 7 における受信信号点 701 と QPSK の信号点との、例えばユークリッド距離の 2 乗を求め、この値をブランチメトリックとし、このブランチメトリックを利用しパスメトリックを求める。そして畳み込み符号を用いている場合は、例えばビタビアルゴリズムに従って復号し、送信デジタル信号 TA についての判定値 504 及び送信デジタル信号 TB についての判定値 507 を得る。

#### 【0077】

かかる構成に加えて、信号処理部 404 は、変調信号 A についての信号点削減部 508、510 と、変調信号 B についての信号点削減部 514、516 を有する。

#### 【0078】

変調信号 A についての信号点削減部 508、510 は、軟判定部 506 により得られた変調信号 B についての判定値を入力する。また信号点削減部 508 には一方の受信アンテ

ナ A N 4 の受信信号に基づいて得られた変調信号 A のチャネル変動値 h 1 2 及び変調信号 B のチャネル変動値 h 2 2 が入力されると共に、信号点削減部 5 1 0 には他方の受信アンテナ A N 3 の受信信号に基づいて得られた変調信号 A のチャネル変動値 h 1 1 及び変調信号 B のチャネル変動値 h 2 1 が入力される。

**【0079】**

信号点削減部 5 0 8 は、先ず変調信号 A のチャネル変動値 h 1 2 及び変調信号 B のチャネル変動値 h 2 2 に基づき、図 8 に示すように、16 点の候補信号点 8 0 1 ~ 8 1 6 を推定する。次に信号点削減部 5 0 8 は、軟判定部 5 0 6 により得られた変調信号 B の判定値 5 0 7 を使って、図 9 に示すように、候補信号点の数を 4 点に絞り込む。なお図 9 は、変調信号 B の判定値 5 0 7 が (0, 0)、つまり変調信号 B で送信された 2 ビットが (0, 0) と判定された場合の候補信号点削減の例を示すものである。そして信号点削減部 5 0 8 は、信号点 8 0 1、8 0 6、8 1 1、8 1 6 の情報を信号点情報 5 0 9 として軟判定部 5 1 2 に送出する。

**【0080】**

同様に、信号点削減部 5 1 0 は、変調信号 A のチャネル変動値 h 1 1 及び変調信号 B のチャネル変動値 h 2 1 に基づき 16 点の候補信号点 8 0 1 ~ 8 1 6 を推定し、次に軟判定部 5 0 6 により得られた変調信号 B の判定値 5 0 7 を使って候補信号点の数を 4 点に削減し、その 4 点の信号点の情報を信号点情報 5 1 1 として軟判定部 5 1 2 に送出する。

**【0081】**

変調信号 B についての信号点削減部 5 1 4、5 1 6 は、軟判定部 5 0 3 により得られた変調信号 A についての判定値 5 0 4 を入力する。また信号点削減部 5 1 4 には一方の受信アンテナ A N 4 の受信信号に基づいて得られた変調信号 A のチャネル変動値 h 1 2 及び変調信号 B のチャネル変動値 h 2 2 が入力されると共に、信号点削減部 5 1 6 には他方の受信アンテナ A N 3 の受信信号に基づいて得られた変調信号 A のチャネル変動値 h 1 1 及び変調信号 B のチャネル変動値 h 2 1 が入力される。

**【0082】**

信号点削減部 5 1 4 は、先ず変調信号 A のチャネル変動値 h 1 2 及び変調信号 B のチャネル変動値 h 2 2 に基づき、図 8 に示すように、16 点の候補信号点 8 0 1 ~ 8 1 6 を推定する。次に信号点削減部 5 1 4 は、軟判定部 5 0 3 により得られた変調信号 A の判定値 5 0 4 を使って、図 10 に示すように、候補信号点の数を 4 点に絞り込む。なお図 10 は、変調信号 A の判定値 5 0 4 が (1, 0)、つまり変調信号 A で送信された 2 ビットが (1, 0) と判定された場合の候補信号点削減の例を示すものである。そして信号点削減部 5 1 4 は、信号点 8 0 5、8 0 6、8 0 7、8 0 8 の情報を信号点情報 5 1 5 として軟判定部 5 1 8 に送出する。

**【0083】**

同様に、信号点削減部 5 1 6 は、変調信号 A のチャネル変動値 h 1 1 及び変調信号 B のチャネル変動値 h 2 1 に基づき 16 点の候補信号点 8 0 1 ~ 8 1 6 を推定し、次に軟判定部 5 0 3 により得られた変調信号 A の判定値 5 0 4 を使って候補信号点の数を 4 点に削減し、その 4 点の信号点の情報を信号点情報 5 1 7 として軟判定部 5 1 8 に送出する。

**【0084】**

このように本実施の形態のマルチアンテナ受信装置 1 2 0 においては、チャネル変動行列の逆行列演算により各変調信号 A、B を分離する分離部 5 0 1 と、分離された変調信号 5 0 2、5 0 5 を軟判定する軟判定部 5 0 3、5 0 6 とに加えて、各変調信号 A、B に対応した信号点削減部 5 0 8、5 1 0、5 1 4、5 1 6 を設け、信号点削減部 5 0 8、5 1 0、5 1 4、5 1 6 において自変調信号を除く他の変調信号の軟判定値 5 0 7、5 0 4 を使って自変調信号についての候補信号点数を削減するようになっている。

**【0085】**

すなわち分離部 5 0 1、軟判定部 5 0 3、5 0 6 において各変調信号 A、B を仮判定し、信号点削減部 5 0 8、5 1 0、5 1 4、5 1 6 においてその仮判定結果 5 0 7、5 0 4 に基づいて候補信号点を削減する。

## 【0086】

各軟判定部512、518は、ベースバンド信号R1-2、R2-2を、削減された自変調信号についての候補信号点を用いて軟判定することにより、送信デジタル信号TA、TBに対応する受信データRA、RBを得るようになってい

## 【0087】

これを具体的に説明する。軟判定部512は、信号点情報509、511として図9の候補信号点801、806、811、816の情報を入力すると共に、受信ベースバンド信号R1-2、R2-2を入力する。軟判定部512は、受信ベースバンド信号R1-2、R2-2の両方について候補信号点801、806、811、816を用いて軟判定を行う。例えば、受信ベースバンド信号R1-2で示される受信点が、図9の信号点800とすると、受信信号点800と候補信号点801、806、811、816とのユークリッド距離の2乗を計算することで、ブランチメトリック（これを $B_x$ と呼ぶ）を求める。同様に、受信ベースバンド信号R2-2で示される受信点が、図9の信号点800（但し、実際には受信ベースバンド信号R2-1の受信点と受信ベースバンド信号R2-2の受信点は異なるものとなる）とすると、受信信号点800と候補信号点801、806、811、816とのユークリッド距離の2乗を計算することで、ブランチメトリック（これを $B_y$ と呼ぶ）を求める。

## 【0088】

そして軟判定部512は、ブランチメトリック $B_x$ 及びブランチメトリック $B_y$ を加算したブランチメトリックからパスメトリックを求め、例えば畳み込み符号を用いている場合は、ビタビアルゴリズムに従って復号を行うことで、変調信号Aの受信データRAを得る。

## 【0089】

同様に、軟判定部518は、信号点情報515、517として図10の候補信号点805、806、807、808の情報を入力すると共に、受信ベースバンド信号R1-2、R2-2を入力する。軟判定部518は、受信ベースバンド信号R1-2、R2-2の両方について候補信号点805、806、807、808を用いて軟判定を行う。例えば、受信ベースバンド信号R1-2で示される受信点が、図10の信号点800とすると、受信信号点800と候補信号点805、806、807、808とのユークリッド距離の2乗を計算することで、ブランチメトリック（これを $B_v$ と呼ぶ）を求める。同様に、受信ベースバンド信号R2-2で示される受信点が、図10の信号点800（但し、実際には受信ベースバンド信号R2-1の受信点と受信ベースバンド信号R2-2の受信点は異なるものとなる）とすると、受信信号点800と候補信号点805、806、807、808とのユークリッド距離の2乗を計算することで、ブランチメトリック（これを $B_w$ と呼ぶ）を求める。

## 【0090】

そして軟判定部518は、ブランチメトリック $B_v$ 及びブランチメトリック $B_w$ を加算したブランチメトリックからパスメトリックを求め、例えば畳み込み符号を用いている場合は、ビタビアルゴリズムに従って復号を行うことで、変調信号Bの受信データRBを得る。

## 【0091】

次に本実施の形態のマルチアンテナ受信装置120の動作について説明する。マルチアンテナ受信装置120は、2つのアンテナAN1、AN2から同時に送信された2つの変調信号A、Bを2つのアンテナAN3、AN4で受信する。マルチアンテナ受信装置120は、チャネル変動推定部403-1A、403-1B、403-2A、403-2Bによって、各変調信号A、Bに挿入された既知信号に基づいて、各送信アンテナAN1、AN2と受信アンテナAN3、AN4間でのチャネル変動を推定する。

## 【0092】

ここで変調信号A、変調信号BがQPSK変調されているとき、多重されて受信された受信信号には、 $4 \times 4 = 16$ 点の信号点が存在する。つまり、チャネル変動推定値に基づ



いて形成される候補信号点の数も16個となる。

#### 【0093】

ここで従来のマルチアンテナ受信装置では、16個の候補信号点と受信点との信号点距離を求め、最も距離の小さい値をとる候補信号点を検出し、この候補信号点で示されるデータを受信データとするようになっている。

#### 【0094】

これに対して本実施の形態のマルチアンテナ受信装置120においては、チャンネル変動行列の逆行列演算により各変調信号A、Bを分離する分離部501と、分離された変調信号を軟判定する軟判定部503、506とを設けて、一旦、各変調信号A、Bのデジタル信号(判定値)を得、このデジタル信号を用いて各変調信号A、Bの候補信号点を絞り込む。そして絞り込んだ候補信号点のみを用いて軟判定部により正確な判定を行う。これは、換言すれば、分離部501、軟判定部503、504により変調信号A、Bの仮判定を行い、その仮判定値を用いて候補信号点を絞り込み、絞り込んだ候補信号点のみについて正確なデジタル判定(主判定)を行っていると言うことができる。

#### 【0095】

これにより、軟判定部512、518により全ての候補信号点を用いて受信点を判定する場合と比較して、格段に演算量を削減することができる。例えばこの実施の形態では、変調方式としてQPSKを用いているが、多値数が増加するにつれその効果はさらに大きくなる。例えば、変調信号A、Bともに64QAMで変調されているとすると、信号点数を削減しない場合、 $64 \times 64 = 4096$ の候補信号点が存在し、4096個の候補信号点に対しプランチメトリックを求めようとすると非常に大規模な回路が必要となる。

#### 【0096】

また逆行列演算のみを用いて受信データを得る場合と比較して、つまり軟判定部503、506の判定結果をそのまま受信データとする場合と比較して、誤り率特性を向上させることができる。特に信号点数削減を行う際、正しい削減を行うと、フルダイバーシチゲインを得ることができ、一段と誤り率特性を向上させることができるようになる。信号点削減のより好適な構成は、以下の実施の形態で説明する。

#### 【0097】

かくして本実施の形態によれば、チャンネル変動行列の逆行列演算を用いて分離した各変調信号502、505に基づいて各変調信号502、505を仮判定し、多重化された変調信号の候補信号点数を仮判定結果504、507を用いて削減した後に、削減した候補信号点を用いて正確な判定を行って各変調信号の受信データRA、RBを得るようにしたことにより、少ない演算量で誤り率特性の良い受信データRA、RBを得ることができる。この結果、誤り率特性を維持しつつ、装置構成を簡単化できるマルチアンテナ受信装置及びマルチアンテナ受信方法を実現することができる。

#### 【0098】

なお上述した実施の形態では、候補信号点を削減するための各変調信号を分離するにあたって、分離部501によってチャンネル変動行列の逆行列演算を行うようにした場合について述べたが、分離方法は逆行列演算に限らず、例えばMMSE (Minimum Mean Square Error) アルゴリズムを用いて各変調信号を推定して分離してもよい。

#### 【0099】

また上述した実施の形態では、候補信号点を削減するための各変調信号の仮判定を分離部501及び軟判定部503、506により行うようにした場合について述べたが、仮判定の仕方はこれに限らない。回路規模を問題にしない場合には、例えば図11に示すように、変調信号の分離のための逆行列演算を行わずに、仮判定を軟判定部1101により行うようにしてもよい。

#### 【0100】

図5との対応部分に同一符号を付して示す図11において、信号処理部1100の軟判定部1101には、ベースバンド信号R1-2、R2-2と、チャンネル変動推定値h11、h21、h12、h22とが入力される。軟判定部1101は、変調信号Aのチャンネル

変動値  $h_{11}$  及び変調信号 B のチャネル変動値  $h_{21}$  に基づき、図 8 に示すように、16 点の候補信号点  $801 \sim 816$  を推定する。そして逆拡散後のベースバンド信号  $R_{1-2}$  から、図 8 の受信信号点  $800$  を推定し、例えば受信信号点  $800$  と 16 個の候補信号点  $801 \sim 816$  との各ユークリッド距離の 2 乗を求め、ブランチメトリックを求める。同様に、軟判定部 1101 は、変調信号 A のチャネル変動信号  $h_{12}$ 、 $h_{22}$ 、逆拡散後のベースバンド信号  $R_{2-2}$  からブランチメトリックを求める。そして軟判定部 1100 は、畳み込み符号を用いている場合、2 つのブランチメトリックからパスメトリックを求め、変調信号 A の判定値 1102、変調信号 B の判定値 1103 を出力する。

#### 【0101】

##### (実施の形態 2)

この実施の形態では、実施の形態 1 と比較して、候補信号点を削減するための仮判定を行う部分の構成をより簡易なものとすることにより、一段と簡易な構成で誤り率特性の良い受信データを得ることができるマルチアンテナ受信装置を提案する。

#### 【0102】

図 5 との対応部分に同一符号を付して示す図 12 に、本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の信号処理部 1200 の構成を示す。図 12 の信号処理部 1200 は、図 5 の信号処理部 404 と比較して、分離部 501 により分離された変調信号 B の推定ベースバンド信号 505 を判定するための軟判定部 506 (図 5) を省略した構成となっている。そして信号点削減部 1201、1202 には、軟判定部 518 により得られた変調信号 B の受信データ RB を入力させるようになっている。信号点削減部 1201、1202 は、軟判定部 506 (図 5) からの判定値 507 の代わりに、軟判定部 518 により得られた受信データ RB を用いて、実施の形態 1 で説明したのと同様の方法で候補信号点数を削減する。これにより、軟判定部 506 を省略した分だけ、全体的な回路構成を簡単化できる。

#### 【0103】

次に本実施の形態の信号処理部 1200 の動作について説明する。信号処理部 1200 は、先ず軟判定部 503 によって変調信号 A のみ復号し、その結果を用いて、信号点削減部 514、517 によって候補信号点を削減し、軟判定部 518 によって変調信号 B を復号することで、変調信号 B の受信データ RB を得る。

#### 【0104】

信号処理部 1200 は、続いて、信号点削減部 1201、1202 によって変調信号 B のデータ RB を用いて変調信号 A についての候補信号点を削減し、軟判定部 512 によって変調信号 A を復号することで、変調信号 A の受信データ RA を得る。このように、本実施の形態の信号処理部 1200 は、変調信号 A と変調信号 B を同時に復号するのではなく、変調信号 A の復号、変調信号 B の復号、変調信号 A の復号のように、交互に復号する。

#### 【0105】

かくして本実施の形態によれば、全ての変調信号について仮判定を行い、全ての信号点削減部で仮判定結果を用いて候補信号点を削減するのではなく、ある変調信号についてのみ仮判定を行い、他の変調信号については最終的な判定結果 (主判定結果) を用いて候補信号点を削減するようにしたことにより、実施の形態 1 での効果に加えて、一段と簡易な構成のマルチアンテナ受信装置を実現できるようになる。

#### 【0106】

##### (実施の形態 3)

この実施の形態では、候補信号点を削減した後に主判定を行うことにより少ない演算回数で誤り率特性の良い受信データを得ることに加えて、イタレーション (反復) 技術を適用することにより、一段と誤り率特性を向上させることができるマルチアンテナ受信装置を提案する。

#### 【0107】

図 5 との対応部分に同一符号を付して示す図 13 に、本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の信号処理部 1300 の構成を示す。すなわち、信号処理部 1300 は、図 4 の信号処理部 404 に置き換えられてマルチアンテナ受信装置 120 に用いられる。

## 【0108】

実施の形態1で説明した図5の信号処理部404と、本実施の形態の信号処理部1300の異なる点は、信号点削減部1301、1302が軟判定部506からの判定値507に加えて軟判定部518からの受信データRBを入力している点、および、信号点削減部1303、1304が軟判定部503からの判定値504に加えて軟判定部512からの受信データRAを入力している点である。

## 【0109】

これにより、信号点削減部1301～1304では、実施の形態1の信号点削減部508、510、514、516と比較して、正しい信号点削減を行う確率を高めることができるようになる。この結果、最終的に得られる受信データRA、RBの誤り率特性を一段と向上させることができる。

## 【0110】

次に図14を用いて本実施の形態の信号処理部1300の動作について説明する。図14に示すように、信号処理部1300では、変調信号A、Bの軟判定及び復号を並列に行う。そして変調信号Aの信号点削減は、変調信号Bの軟判定により得られる変調信号Bの受信データRBを用いて行う。逆に、変調信号Bの信号点削減は、変調信号Aの軟判定により得られる変調信号Aの受信データRAを用いて行う。そして変調信号A、Bそれぞれの軟判定（主判定）を行うことで変調信号A、Bの受信データRA、RBを得るようになっている。さらに、得られた変調信号A、Bの受信データRA、RBを用いて反復して信号点削減、軟判定（主判定）を行っていく。

## 【0111】

具体的に説明する。一度目の軟判定及び復号の動作については、実施の形態1で説明した図5の信号処理部404の動作と同様である。すなわち軟判定部503、504により得た仮判定値（判定値504、507）に基づいて信号点削減を行う。これに対して、二度目以降の軟判定及び復号は、軟判定部512、518により得られた受信データRA、RBを用いて行う。

## 【0112】

信号処理部1300は、変調信号Aに関して、ステップST1Aで示す一度目の軟判定処理において、信号点削減部1301、1302が、それぞれ、変調信号Bの軟判定値507を用いて変調信号Bで送信された2ビットを推定し、図8の16個の候補信号点を図9の4個の信号点に削減し、その信号点情報（4個の信号点）509、511を軟判定部512に送出し、軟判定部512が信号点情報509、511を使って受信データRAを得る。

## 【0113】

同様に、信号処理部1300は、変調信号Bに関して、ステップST1Bで示す一度目の軟判定処理において、信号点削減部1303、1304が、それぞれ、変調信号Aの軟判定値504を用いて変調信号Aで送信された2ビットを推定し、図8の16個の候補信号点を図9の4個の信号点に削減し、その信号点情報（4個の信号点）515、517を軟判定部518に送出し、軟判定部518が信号点情報515、517を使って受信データRBを得る。

## 【0114】

信号処理部1300は、変調信号Aに関して、ステップST2A、ST3Aで示す二度目の軟判定処理において、信号点削減部1301、1302が、それぞれ、ステップST1Bで得られた受信データRBを用いて変調信号Bで送信された2ビットを推定し、図8の16個の候補信号点を図9の4個の信号点に削減し（ステップST2A）、その信号点情報（4個の信号点）509、511を軟判定部512に送出し、軟判定部512が信号点情報509、511を使って受信データRAを得る（ステップST3A）。

## 【0115】

同様に、信号処理部1300は、変調信号Bに関して、ステップST2B、ST3Bで示す二度目の軟判定処理において、信号点削減部1303、1304が、それぞれ、ステ

ップST1Aで得られた受信データRAを用いて変調信号Aで送信された2ビットを推定し、図8の16個の候補信号点を図10の4個の信号点に削減し（ステップST2B）、その信号点情報（4個の信号点）515、517を軟判定部518に送出し、軟判定部518が信号点情報515、517を使って受信データRBを得る（ステップST3B）。

#### 【0116】

信号処理部1300は、変調信号Aに関して、ステップST4A、ST5Aで示す三度目の軟判定処理において、信号点削減部1301、1302が、それぞれ、ステップST3Bで得られた受信データRBを用いて変調信号Bで送信された2ビットを推定し、図8の16個の候補信号点を図9の4個の信号点に削減し（ステップST4A）、その信号点情報（4個の信号点）509、511を軟判定部512に送出し、軟判定部512が信号点情報509、511を使って受信データRAを得る（ステップST5A）。

#### 【0117】

同様に、信号処理部1300は、変調信号Bに関して、ステップST4B、ST5Bで示す三度目の軟判定処理において、信号点削減部1303、1304が、それぞれ、ステップST3Aで得られた受信データRAを用いて変調信号Aで送信された2ビットを推定し、図8の16個の候補信号点を図10の4個の信号点に削減し（ステップST4B）、その信号点情報（4個の信号点）515、517を軟判定部518に送出し、軟判定部518が信号点情報515、517を使って受信データRBを得る（ステップST5B）。

#### 【0118】

このように信号処理部1300においては、二度以降の信号点削減を、前回の動作が完了した後の他方の変調信号の受信データRA、RBを使って行うようになっている。

#### 【0119】

そして軟判定部512、518は、それぞれ、一度目の軟判定、復号を行ったら、一度目の受信データRA、RBを出力する。次に、二度目の軟判定、復号を行ったら、一度目の受信データRA、RBに代えて、二度目の受信データRA、RBを出力する。すなわちn度目の軟判定、復号を行ったら、n-1度目の受信データRA、RBに代えて、n度目の軟判定復号結果である受信データRA、RBを出力する。

#### 【0120】

このように、候補信号点を削減するにあたって、他の変調信号の誤り訂正復号後のデータ（軟判定部512、518で誤り訂正復号処理を行っているものとする）を用いてイタレーション（反復）処理を行うようにしたので、正しい候補信号点を残すことができる確率を高めることができるようになり、受信データRA、RBの誤り率特性を一段と向上させることができる。

#### 【0121】

図15に、本実施の形態での復号の処理手順のイメージを示す。変調信号A、変調信号Bの1フレームは複数のシンボルで構成されている。はじめに1フレーム分の一度目の誤り訂正を行う。そして、一度目の誤り訂正結果を反映して状態数削減を行い、二度目の1フレーム分の誤り訂正を行う。このように（n-1）度の誤り訂正結果を反映して状態数削減を行った後、n度目の1フレーム分の誤り訂正を行う。

#### 【0122】

図16に、本実施の形態の信号処理部1300を用いた場合の受信特性（キャリアパワー対雑音電力比（C/N）とビットエラーレートの関係）のシミュレーション結果を示す。この図からも明らかなように、変調信号A、Bともに、反復復号の回数が増えるにつれ、受信品質が向上する。但し、回数を多くすればよいというわけではなく、ある程度の回数で受信品質の改善効果は飽和する。また変調信号A、Bの受信品質は、変調方式が同じ場合、同じである。

#### 【0123】

かくして本実施の形態によれば、候補信号点を削減するにあたって、誤り訂正復号後（主判定後の）の他の変調信号のデータRA、RBを用い、かつイタレーション処理を行って最終的な受信データRA、RBを得るようにしたことにより、実施の形態1と比較して

、一段と誤り率特性の向上した受信データ RA、RB を得ることができるようになる。

#### 【0124】

なおこの実施の形態では、候補信号点を削減するための各変調信号の仮判定を分離部 501 及び軟判定部 503、506 により行うようにした場合について述べたが、仮判定の仕方はこれに限らず、回路規模を問題にしない場合には、例えば図 17 に示すように、変調信号の分離のための逆行列演算を行わずに、仮判定を軟判定部 1705 により行うようにしてもよい。

#### 【0125】

図 13 との対応部分に同一符号を付して示す図 17 において、信号処理部 1700 の軟判定部 1705 には、ベースバンド信号 R1-2、R2-2 と、チャネル変動推定値 h11、h21、h12、h22 とが入力される。軟判定部 1705 は、変調信号 A のチャネル変動値 h11 及び変調信号 B のチャネル変動値 h21 に基づき、図 8 に示すように、16 点の候補信号点 801~816 を推定する。そして逆拡散後のベースバンド信号 R1-2 から、図 8 の受信信号点 800 を推定し、例えば受信信号点 800 と 16 個の候補信号点 801~816 との各ユークリッド距離の 2 乗を求め、ブランチメトリックを求める。同様に、軟判定部 1705 は、変調信号 A のチャネル変動信号 h12、h22、逆拡散後のベースバンド信号 R2-2 からブランチメトリックを求める。そして軟判定部 1100 は、畳み込み符号を用いている場合、2 つのブランチメトリックからパスメトリックを求め、変調信号 A の判定値 1706 を信号点削減部 1701、1702 に送出すると共に、変調信号 B の判定値 1707 を信号点削減部 1703、1704 に送出する。

#### 【0126】

ここで図 13 の信号処理部 1300 と図 17 の信号処理部 1700 とを比較した場合、信号処理部 1700 は、軟判定部 1705 で 16 個の候補信号点について判定を行うことになるため、ブランチメトリック、パスメトリックの回路規模が増大し、信号処理部 1300 よりも全体的な回路規模が大きくなる欠点がある。特に、QPSK の場合、16 点であるが、64QAM となると 4096 個の信号点が存在するので、変調多値数が増大するにしたがって現実性がなくなる。

#### 【0127】

しかし、軟判定部 1705 では、分離部 501 と軟判定部 503、506 を用いた場合よりも精度の良い判定値を得ることができるので、イタレーションを行う場合の反復回数が少なくても、誤り率特性の良い受信データ RA、RB を得ることができるという利点がある。

#### 【0128】

##### (実施の形態 4)

この実施の形態の特徴は、実施の形態 3 では各変調信号を並行して軟判定復号し、他の変調信号の軟判定復号結果を用いて自変調信号の候補信号点を削減したのに対して、各変調信号を交互に軟判定復号し、他の変調信号の軟判定復号結果を用いて自変調信号の候補信号点を削減する点である。これにより、信号点削除にイタレーション技術を採用するにあたっての演算回数を低減できるので、回路構成を一段と簡単化できるようになる。

#### 【0129】

図 13 との対応部分に同一符号を付して示す図 18 に、本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成を示す。信号処理部 1800 は、実施の形態 3 で説明した図 13 の信号処理部 1300 と比較して、軟判定部 506 を省略した構成となっている。

#### 【0130】

また実施の形態 2 で説明した図 12 の信号処理部 1200 と比較すると、信号処理部 1200 にイタレーション処理を追加した構成となっている。

#### 【0131】

信号処理部 1800 において、変調信号 B についての信号点削減部 1803、1804 は、実施の形態 3 と同様に軟判定部 503 により得られた判定値 504 と軟判定部 512 により得られた誤り訂正復号後の受信データ RA の両方を用いて候補信号点を削減するが

、変調信号Aについての信号点削減部1801、1802は、軟判定部518により得られた誤り訂正復号後の受信データRBのみを用いて候補信号点を削減するようになってい  
る。このように本実施の形態の信号処理部1800は、軟判定部506を省略した分だけ  
、実施の形態3の信号処理部1300よりも全体的な回路構成を簡単化できるようになっ  
ている。

#### 【0132】

次に図19を用いながら本実施の形態の信号処理部1800の動作について説明する。  
信号処理部1800は、実施の形態3の信号処理部1300が変調信号A、Bの軟判定及  
び復号を並列に行ったのに対して、一度目の軟判定復号は変調信号Aのみ行い、二度目の  
軟判定復号は変調信号Bのみ行い、三度目の軟判定復号は変調信号Aのみ行うといったよ  
うに、変調信号Aと変調信号Bの軟判定復号を交互に行う。

#### 【0133】

具体的に説明する。信号処理部1800は、最初に、軟判定部503によって変調信号  
Aのみ軟判定復号し(ステップST10A)、その結果を用いて信号点削減部1803、  
1804によって候補信号点を削減し(ステップST10B)、軟判定部518によって  
変調信号Bを軟判定復号する(ステップST11B)ことにより、変調信号Bの受信デー  
タRBを得る。次に信号処理部1800は、信号点削減部1801、1802によって変  
調信号Bの受信データRBを用いて候補信号点を削減し(ステップST11A)、軟判定  
部512によって変調信号Aの軟判定復号を再度行う(ステップST12A)ことにより  
、変調信号Aの受信データRAを得る。以下同様に、他方の軟判定復号結果を用いて候補  
信号点を削減しながら、変調信号Aの軟判定復号と変調信号Bの軟判定復号を交互に繰り  
返す。

#### 【0134】

図20に、本実施の形態の信号処理部1800を用いた場合の受信特性(キャリアパワ  
ー対雑音電力比(C/N)とビットエラーレート)のシミュレーション結果を示す  
。この図からも分かるように、軟判定復号を各変調信号で交互に行った場合でも、軟判定  
復号を各変調信号で並行に行った場合(図16)と同様の誤り率特性の良い受信データを得  
ることができる。また変調信号A、Bともに、反復復号の回数が増えるにつれ、受信品  
質が向上するが、単純に回数を多くすればよいというわけではなく、ある程度の回数で受  
信品質の改善効果は飽和する。

#### 【0135】

かくして本実施の形態によれば、他の変調信号の軟判定復号結果を用いて自変調信号の  
候補信号点を削減といった処理を、各変調信号について交互に行うようにしたことにより  
、実施の形態3の効果に加えて、復号の回数が半分となるため、一段と回路規模を削減す  
ることができるようになる。

#### 【0136】

(実施の形態5)

この実施の形態では、上述した実施の形態1~4に加えて、さらに各アンテナから受信  
品質の異なる変調信号を送信することを提案する。

#### 【0137】

図21にその一例を示す。図21は、図12及び図18の構成を考慮し、変調信号Aの  
変調方式をQPSK、変調信号Bの変調方式を16QAMとしたときのI-Q平面におけ  
る信号点配置の一例を示している。図22に、QPSK、16QAMのそれぞれのキャリ  
アパワー対雑音電力比とビットエラーレートの関係を示す。

#### 【0138】

ここで、図12や図18の構成を採ったとき、変調信号Aの変調方式をQPSK、変調  
信号Bの変調方式を16QAMとした場合、図22に示すように、一度目の軟判定におい  
て、変調信号Aの変調方式がQPSKであるため良好な受信品質となり(16QAMと比  
較し)、軟判定部503によって良好な受信品質の変調信号Aの判定値504(デジタル  
信号)が得られる。

## 【0139】

そして、得られた変調信号Aのデジタル信号の判定値が正確であるため、信号点削減時に間違った信号点削減を行う可能性が低くなり、軟判定部518によって変調信号Bの軟判定復号を行った際に得られる変調信号Bの受信データRBの誤り率特性が向上する。ここで、伝送速度のことを考慮すると、変調信号Bの変調方式はQPSKより変調多値数の多い、例えば16QAM(64QAMでもよい)とするとよい。これにより、受信品質と伝送速度の向上の両立を図ることができる。

## 【0140】

このように、変調信号Aの変調多値数を変調信号Bの変調多値数よりも少なくし、変調信号Aの受信品質を確保することで、良好な信号点削減を行うことができるようになり、この結果、変調信号Bの受信品質も確保することができるようになる。これにより、受信品質の向上と伝送速度の向上の両立を図ることができる。

## 【0141】

つまり、最初の仮判定に用いられる変調信号の受信品質を良くすれば、信号点削減の引き込みが的確なものとなるので、その後の主判定で良い判定結果をもたらすことができる。

## 【0142】

また反復復号(イタレーション)を行う場合には、イタレーションの回数を減らすことにもつながり、回路規模を削減することができる。

## 【0143】

さらに変調信号Aと変調信号Bの符号化率を異なるように設定することでも同様の効果を得ることができる。例えば、変調信号Aの符号化率を $1/4$ 、変調信号Bの符号化率を $3/4$ とする。すると、変調信号Aの受信品質が良いため、信号点削減が正しく行われる可能性が高くなり、変調信号Bの受信品質も向上する。

## 【0144】

さらに変調信号Aと変調信号Bの拡散符号長を異なるようにすることでも同様の効果を得ることができる。例えば変調信号Aの拡散符号長を、変調信号Bの拡散符号長よりも長くすればよい。

## 【0145】

かくして本実施の形態によれば、実施の形態1~4の構成に加えて、各変調信号の受信品質が異なるように、変調方式、符号化率、拡散率等を各変調信号間で変えるようにしたことにより、実施の形態1~4の効果に加えて、誤り率特性の向上と伝送速度の向上を両立させることができるようになる。

## 【0146】

(実施の形態6)

この実施の形態では、各アンテナから送信する変調信号のインターリーブパターンを各変調信号間で異なるようにするマルチアンテナ送信装置を提案する。

## 【0147】

図2との対応部分に同一符号を付して示す図23に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置の構成を示す。マルチアンテナ送信装置2300は、符号化部201Aと変調部202Aとの間にインターリーブ2301Aを設けたことと、符号化部201Bと変調部202Bとの間にインターリーブ2301Bを設けたことを除いて、実施の形態1で説明した図2のマルチアンテナ送信装置110と同様の構成でなる。

## 【0148】

インターリーブ2301Aは、符号化されたデジタル信号S1Aを入力とし、順番の入れ替えを行い、インターリーブ後のデジタル信号S10Aを変調部202Aに送出する。同様に、インターリーブ2301Bは、符号化されたデジタル信号S1Bを入力とし、順番の入れ替えを行い、インターリーブ後のデジタル信号S10Bを変調部202Bに送出する。

## 【0149】

なおこのように送信装置側でインターリーブ処理を行うと、受信側でデインターリーブ処理を行う必要がある。この場合の受信装置の構成例を、図24に示す。図24の構成例は、実施の形態3で説明した信号処理部1300に対応するものである。図13との対応部分に同一符号を付して示す図24において、信号処理部2400は、送信側のインターリーブ2301Aで並べ替えられた信号を元に戻すデインターリーブ2401A、2403A、2404Aを有すると共に、送信側のインターリーブ2301Bで並べ替えられた信号を元に戻すデインターリーブ2401B、2403B、2404Bを有する。また信号処理部2400は、インターリーブ2301Aと同様の並べ替えを行うインターリーブ2402A、2405Aを有すると共に、インターリーブ2301Bと同様の並べ替えを行うインターリーブ2402B、2405Bを有する。

#### 【0150】

この構成により、信号処理部2400は、分離部501によって分離された送信デジタル信号TAについての推定ベースバンド信号をデインターリーブ2401Aによって元の配列に戻した後に軟判定部503に送出すると共に、送信デジタル信号TBについての推定ベースバンド信号をデインターリーブ2401Bによって元の配列に戻した後に軟判定部506に送出する。また軟判定部503によって得られた判定値はインターリーブ2402Aによってインターリーブされた後に信号点削減部1303、1304に送出されると共に、軟判定部506によって得られた判定値はインターリーブ2402Bによってインターリーブされた後に信号点削減部1301、1302に送出される。さらに信号点削減部1301、1302には、軟判定部512によって得られた判定値がインターリーブ2405Aによってインターリーブされた後に入力されると共に、信号点削減部1303、1304には、軟判定部518によって得られた判定値がインターリーブ2405Bによってインターリーブされた後に入力される。

#### 【0151】

これにより、信号点削減部1301、1302では、インターリーブされた受信信号からインターリーブされた変調信号Bの信号点を削減することで、変調信号Aについての削減された候補信号点を得ることができる。但し、この削減された候補信号点はインターリーブされた信号点なので、デインターリーブ2403A、2404Aによってデインターリーブした後に軟判定部512に入力させる。同様に、信号点削減部1303、1304では、インターリーブされた受信信号からインターリーブされた変調信号Aの信号点を削減することで、変調信号Bについての削減された候補信号点を得ることができる。但し、この削減された候補信号点はインターリーブされた信号点なので、デインターリーブ2403B、2404Bによってデインターリーブした後に軟判定部518に入力させる。

#### 【0152】

なお、ここでは実施の形態3で説明した信号処理部1300を基本として、送信側でインターリーブされた信号を復号する構成例について説明したが、実施の形態1や実施の形態2、実施の形態4及び実施の形態5で説明した受信装置においても、適宜送信側のインターリーブに対応したデインターリーブ及びインターリーブを設けるようにすれば、上述したのと同様に、各アンテナから異なるインターリーブパターンの信号を送信した場合に、各変調信号を復号できるようになる。

#### 【0153】

次に、インターリーブパターン（送信信号の入れ替えの順番）について詳しく説明する。本実施の形態で最も重要な点は、変調信号Aのためのインターリーブパターンと、変調信号Bのためのインターリーブパターンを異なるようにしたことである。これにより、受信側での誤り率特性を向上させることができる。特に、変調信号Aのインターリーブパターンと変調信号Bのためのインターリーブパターンが無相関に近くなるようにインターリーブパターンを選定することにより、受信品質を非常に良くすることができる。この点について詳しく説明する。

#### 【0154】

図25は、変調信号Aと変調信号Bのインターリーブパターンが同一の場合のシンボル



の状態の一例を示している。図5の軟判定部503において、変調信号Aの復号を行い、その結果、図25(A)のように誤った判定を行ったシンボルが5シンボル連続に発生したものとする。因みに、畳み込み符号などを用いたとき、連続して誤りが発生するのが一般的である。すると、信号点数削減部514、516において、信号点数の削減を行った際、図25(B)のように、5シンボル連続して、信号点削減による信号点選択に誤りが生じることになる。この結果、軟判定部518によって変調信号Bの復号を行うと効果的に受信品質が向上しない。これは、誤り訂正符号は、連続的な誤りを訂正する能力が低いためである。

#### 【0155】

次に、本実施の形態のように、送信側で、変調信号Aのためのインターリーブパターンと、変調信号Bのためのインターリーブパターンを異なるようにした場合について説明する。この場合、信号点削減を行った際、図26のようなシンボルの状態となる。図24の軟判定部503において、変調信号Aの復号を行い、その結果、図26(A)のように誤った判定を行ったシンボルが5シンボル連続に発生したものとする。すると、信号点数削減部1303、1304において、信号点数の削減を行った際、図25(B)と異なり、変調信号Aのインターリーブパターンと変調信号Bのインターリーブパターンが異なるため、デインターリーブにより、図26(B)のように、信号点削減による信号点選択の誤りは、離散的に生じることになる。すなわち、図25(B)のように、連続して信号点削減による信号点選択の誤りが発生しない。これにより、軟判定部518によって変調信号Bの復号を行うと効果的に受信品質が向上する。これは、誤り訂正符号は、離散的な誤りを訂正する能力が高いためである。

#### 【0156】

この作用及び効果は、イタレーション技術を用いた構成の場合も同様である。

#### 【0157】

以上の動作を、変調信号Aを変調信号Bに、変調信号Bを変調信号Aに置き換えて、動作させても同様の作用効果が得られ、これにより、変調信号Aの復号の受信品質も効果的に向上する。

#### 【0158】

かくして本実施の形態によれば、各アンテナから送信する変調信号のインターリーブパターンを変調信号間で異なるものとしたことにより、受信側での復号の際、バーストエラーの影響を軽減して、誤り率特性の良い受信データを得ることができるマルチアンテナ送信装置を実現できる。

#### 【0159】

特に、実施の形態1～4のように信号点削減部を有するマルチアンテナ受信装置に変調信号を送信するマルチアンテナ送信装置に適用して好適である。

#### 【0160】

図27に、本実施の形態のように変調信号間で異なるインターリーブパターンを用いた場合の受信特性と、変調信号間で同一のインターリーブパターンを用いた場合の受信特性のシミュレーション結果を示す。図27では、横軸を $E_b/N_0$  (energy per bit-to-noise spectral density ratio) とし、縦軸をBER (Bit Error Rate) としている。

#### 【0161】

図中の丸印は、本実施の形態の構成を用いた場合、すなわち図23に示すような構成でなるマルチアンテナ送信装置2300から送信した信号を、図24に示すような構成でなる信号処理部2400を有するマルチアンテナ受信装置で受信復調した場合の特性を示す。これに対して、図中の三角印は、変調信号間で同一のインターリーブパターンを用いた場合の受信特性を示す。なお、シミュレーションでは、反復復号を行わない場合、反復を1回だけ行った場合、反復を5回行った場合の特性を調べた。またこのシミュレーションは、伝搬環境をライスファクタ10dBのライスフェージング環境とし、変調方式をQPSKとし、符号化率1/2の畳み込み符号を行った場合の結果である。

#### 【0162】

このシミュレーション結果からも分かるように、変調信号間でインターリーブパターンが同一の場合には、図中丸印で示すように、反復復号の回数を増やしても、受信品質の改善は僅かである。一方、変調信号間で異なるインターリーブパターンを選定した場合には、図中三角印で示すように、反復回数を増やすにことで受信品質を効果的に改善することができる。

#### 【0163】

なおこの実施の形態では、各アンテナから送信する変調信号のインターリーブパターンを異なるものとするにあたって、インターリーブ2301A、2301Bを設けて、各変調信号のシンボルの順番を変調信号間で異なるようにする場合について述べたが、変調信号間でインターリーブパターンを異なるようにする方法はこれに限らない。

#### 【0164】

各変調信号間でインターリーブを異なるようにする方法としては、  
(i) 本実施の形態のように各変調信号のシンボルを構成するデータの並び自身を異なるようにする方法（例えば後述する実施の形態11の図48等を参照）  
(ii) 変調信号間でのシンボルやデータの並びは同一とするが、例えば図29を用いて後述するようにシンボルやデータをサブキャリアの周波数方向や時間方向に配置する際に、その配置自身を異なるものとする方法  
(iii) 上記(i)と(ii)の方法を併用する方法  
等が考えられる。

#### 【0165】

つまり、本発明で述べる異なるインターリーブパターンとは、シンボルやデータの並び自身を異なるものとする場合のみを示すのではなく、シンボルやデータの周波数方向の配置及び又は時間方向の配置自身を異なるようにすることも含むものとする。これは、インターリーブパターンについて説明する、以下のいずれの実施の形態についても同様である。

#### 【0166】

(実施の形態7)

この実施の形態では、上述した実施の形態の特徴をマルチキャリア通信に適用した場合について説明する。特に、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式を用いた場合について説明する。

#### 【0167】

図2との対応部分に同一符号を付して示す図28に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置の構成を示す。マルチアンテナ送信装置2700は、図2のマルチアンテナ送信装置110と比較して、拡散部203A、203Bに換えて、変調部202A、202Bから出力されたベースバンド信号S2A、S2Bをシリアルパラレル変換するシリアルパラレル変換部(S/P)2701A、2701Bと、パラレル信号S20A、S20Bを逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部(idft)2702A、2702Bとを有することを除いて図2のマルチアンテナ送信装置110と同様の構成でなる。

#### 【0168】

図29に、マルチアンテナ送信装置2700から送信されるOFDM信号の時間一周波数軸におけるフレーム構成を示す。この図では、一例としてOFDM信号がキャリア1からキャリア5で構成され、同一時刻のシンボルを同時に送信する場合を示している。なお図中の斜線で示した部分はパイロットシンボル(既知信号)であり、受信装置で伝搬環境(チャネル変動)を推定するためのシンボルである。因みに、ここではパイロットシンボルとよんでいるが、プリアンブルなど異なる呼び方をしてもよい。また空白で示した部分はデータシンボルである。

#### 【0169】

データシンボルの符号化の方法として、周波数軸方向に符号化する方法、時間軸方向に符号化する方法の2種類がある。時間軸方向に符号化した場合、図3のフレーム構成のキャリアが複数(図28では5キャリア)存在するのと同様である。OFDM方式を用いた

ときの一つの特徴は、周波数軸方向に符号化ができるということである。また周波数軸と時間軸の両方向に符号化することも可能である。

#### 【0170】

図30に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置の別の構成を示す。この構成は、実施の形態6での異なるインターリーブパターンを用いたマルチアンテナ送信方法を、マルチキャリア送信に適用したものである。実施の形態6で説明した図23との対応部分に同一符号を付して示す図30において、マルチアンテナ送信装置2900は、拡散部203A、203Bに換えて、変調部202A、202Bから出力されたベースバンド信号S2A、S2Bをシリアルパラレル変換するシリアルパラレル変換部(S/P)2701A、2701Bと、パラレル信号S20A、S20Bを逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部(idft)2702A、2702Bとを有することを除いて図23のマルチアンテナ送信装置2300と同様の構成でなる。

#### 【0171】

なおこのように、実施の形態6の特徴をOFDM送信に適用した場合のインターリーブパターンの選定の仕方として、例えばインターリーブ2301Aのインターリーブパターンを、周波数の低いサブキャリアから周波数の高いサブキャリアへとデータを並べ替えて配置するものとし、インターリーブ2301Bのインターリーブパターンを、周波数の高いサブキャリアから周波数の低いサブキャリアへとデータを並べ替えて配置するものとすることを提案する。

#### 【0172】

例えば1フレームが図29のように構成されていた場合、インターリーブ2301Aが変調信号Aについてのデータを、サブキャリア5、サブキャリア3、サブキャリア1、サブキャリア4、サブキャリア2の順序で配列し、インターリーブ2301Bが変調信号Bについてのデータをサブキャリア1、サブキャリア3、サブキャリア5、サブキャリア2、サブキャリア4の順序で配列する。このようにすれば、周波数方向でのインターリーブパターンを無相関に近づけることができるので、2つのOFDM変調信号の両方がバースト的に誤る確率を低くすることができる。

#### 【0173】

同様に、実施の形態6の特徴をOFDM送信に適用した場合のインターリーブパターンの選定の仕方として、例えばインターリーブ2301Aのインターリーブパターンを、時間の早い方から時間の遅い方へとデータを並べ替えて配置するものとし、インターリーブ2301Bのインターリーブパターンを、時間の遅い方から時間の早いほうへとデータを並べ替えて配置するものとすることを提案する。

#### 【0174】

例えば1フレームが図29のように構成されていた場合、例えばサブキャリア1において、インターリーブ2301Aが変調信号Aについてのデータを、時間2、時間4、時間6、時間8、時間3、時間5、時間7、時間9の順序で配列し、インターリーブ2301Bが変調信号Bについてのデータを、時間9、時間7、時間5、時間3、時間8、時間6、時間4、時間2の順序で配列する。このようにすれば、時間方向でのインターリーブパターンを無相関に近づけることができるので、2つのOFDM変調信号の両方がバースト的に誤る確率を低くすることができる。

#### 【0175】

さらに各変調信号を、周波数方向と時間方向の両方向にランダムにインターリーブするようにしてもよい。このようにすれば、各変調信号をより無相関に近づけることができるので、2つのOFDM変調信号の両方がバースト的に誤る確率をより低くすることができる。

#### 【0176】

図4との対応部分に同一符号を付して示す図31に、本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の構成を示す。マルチアンテナ受信装置3000は、実施の形態1で説明した図4のマルチアンテナ受信装置120と比較して、逆拡散部402-1、402-2に換えて

、フーリエ変換部 (d f t) 3001-1、3001-2を有することを除いて図4と同様の構成となる。また信号処理部3002は、実施の形態1から実施の形態6で提案したいずれの構成を適用してもよい。

#### 【0177】

フーリエ変換部3001-1は、ベースバンド信号R1-1に対してフーリエ変換処理を施し、フーリエ変換後の信号R1-2を変調信号Aのチャンネル変動推定部403-1A、変調信号Bのチャンネル変動推定部403-1B及び信号処理部3002に送出する。

#### 【0178】

同様に、フーリエ変換部3001-2は、ベースバンド信号R2-1に対してフーリエ変換処理を施し、フーリエ変換後の信号R2-2を変調信号Aのチャンネル変動推定部403-2A、変調信号Bのチャンネル変動推定部403-2B及び信号処理部3002に送出する。

#### 【0179】

各チャンネル変動推定部403-1A、403-1B、403-2A、403-2Bでは、図29に示すように各サブキャリアに配置されたパイロットシンボルを用いて、各サブキャリアについてのチャンネル変動を推定する。このようにチャンネル変動推定部403-1A、403-1B、403-2A、403-2Bによって、チャンネル毎、サブキャリア毎のチャンネル変動推定値が得られる。すなわちチャンネル変動推定値h11、h21、h12、h22は、サブキャリア1～サブキャリア5それぞれのチャンネル変動推定値を含む。

#### 【0180】

ここで信号処理部3002は、フーリエ変換後の信号R1-2、R2-2、変調信号Aのチャンネル変動信号群h11、h12、変調信号Bのチャンネル変動信号群h21、h22を入力とし、チャンネル変動信号群h11、h12、h21、h22を用いてフーリエ変換後の信号R1-2、R2-2を判定することにより、変調信号Aの受信データRA、変調信号Bの受信データRBを得る。

#### 【0181】

信号処理部3002の信号処理の流れは、上述した実施の形態1～6と同様である。例えば、信号処理部3002として、実施の形態6で説明した信号処理部2400を適用した場合を例にとって説明する。分離部501は、変調信号Aのチャンネル変動推定群h11、h12、変調信号Bのチャンネル変動推定群h21、h22、フーリエ変換後の信号R1-2、R2-2を入力とし、逆行列演算を施すことにより、変調信号Aと変調信号Bを分離する。そして各デインターリーブ部2401A、2401B、2403A、2404A、2403B、2404Bによって、周波数-時間軸におけるインターリーブパターンに対応したデインターリーブ処理を施すと共に、各インターリーブ部2402A、2402B、2405A、2405Bによって、周波数-時間軸におけるインターリーブパターンに対応したインターリーブ処理を施す。

#### 【0182】

##### (実施の形態8)

この実施の形態では、信号点削減のために行った仮判定での信頼度を、信号点削減後の主判定処理に反映することを提案する。これにより、主判定処理により得られるデータの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。この実施の形態の場合には、好適な例として、仮判定として軟判定を行った場合の各シンボルのパスメトリックの値を使って、主判定処理での各シンボルのプランチメトリックを重み付ける方法を提案する。

#### 【0183】

この実施の形態では、実施の形態6で説明した図24の構成の信号処理部2400を例にとって説明する。すなわち、異なるインターリーブパターンでインターリーブされた変調信号Aと変調信号Bを受信し、これらを分離して復号する場合を例に挙げる。

#### 【0184】

ここで図26でも説明したように、軟判定部503から出力される各シンボルの判定値が図32(A)のような状態であったと仮定すると、信号点削減部1303、1304に

よる信号点削減後の状態は図 3 2 (C) のようになる。ここで図 3 2 (C) に示すように変調信号 B について誤った候補信号点を選択されるシンボルを離散することができるのは、実施の形態 6 でも説明したように、変調信号 A のインターリーブパターンと変調信号 B のインターリーブパターンを異なるようにしているからである。

#### 【0185】

本実施の形態においては、軟判定部 5 0 3 で求めたパスメトリックを、軟判定部 5 1 8 での軟判定処理に反映させる。また軟判定部 5 0 6 で求めたパスメトリックを、軟判定部 5 1 2 での軟判定処理に反映させる。実際には、図 2 4 の軟判定部 5 0 3 から軟判定部 5 1 8 にパスメトリックを通知し、軟判定部 5 0 6 から軟判定部 5 1 2 にパスメトリックを通知すればよい。

#### 【0186】

具体的には、軟判定部 5 0 3 で、変調信号 A についての各シンボルに対して、パスメトリック長  $n$  におけるパスメトリックの最小値として、図 3 2 (B) のような値が得られたとする。軟判定部 5 1 8 は、削減された変調信号 B についての候補信号点を使って変調信号 B の各シンボルを判定するにあたって、信号点削減の際に用いられた変調信号 A のシンボルのパスメトリックの最小値を用いて判定を行う。

#### 【0187】

ここで変調信号 A についての各シンボルのパスメトリックの最小値と、そのシンボルの誤りには相関がある。具体的には、パスメトリックの最小値が大きいほど、そのシンボルは誤り易くなる。

#### 【0188】

本実施の形態では、信号点削減のために用いた他の変調信号（例えば変調信号 A）の軟判定時のパスメトリックの最小値が大きいほど、削減された信号点の信頼度も低くなり、その信号点を用いて自変調信号（例えば変調信号 B）の主判定を行うと、その判定の信頼度も低くなるといった考察に基づき、主判定を行うにあたって信号点削減の際に用いられた他の変調信号のシンボルのパスメトリックの最小値を用いる。

#### 【0189】

實際上、軟判定部 5 1 8 は、変調信号 B のブランチメトリックを求めた後にパスメトリックを求めるにあたって、各シンボルのブランチメトリックに対して、図 3 2 (D) に示すように、対応するシンボル（すなわち、そのシンボルの候補信号点削減に用いられた変調信号 A のシンボル）のパスメトリックの最小値の逆数を乗算するようになっている。例えば、変調信号 B のシンボル 3 2 0 1 についてはブランチメトリックに対して  $1/20$  を乗算し、シンボル 3 2 0 2 についてはブランチメトリックに対して  $1/52$  を乗算する。

#### 【0190】

このように、削減された信号点を用いて主判定を行うにあたって、信号点削減の信頼性に相当する値をブランチメトリックに乗算することにより、パスメトリックの信頼性を高めることができるようになる。この結果、主判定で得られるデータの誤り率特性を向上させることができる。

#### 【0191】

かくして本実施の形態によれば、信号点削減のために行った仮判定（他の変調信号についての軟判定）での信頼度を、信号点削減後の主判定（自変調信号についての軟判定）に反映するようにしたことにより、主判定処理により得られるデータの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

#### 【0192】

なおこの実施の形態では、仮判定時のパスメトリックの最小値の逆数を、主判定時のブランチメトリックに乗算することで、仮判定時の信頼度を主判定に反映させる場合について述べたが、仮判定時の信頼度を主判定に反映させる方法はこれに限らず、要はパスメトリックの最小値に関わる係数を用いて主判定を行うようにすればよい。

#### 【0193】

また仮判定時の信頼度を主判定に反映させる方法として、パスメトリックの最小値とパ

スOMETリックの2番目に小さい値との差を、主判定に反映させるようにしてもよい。ここでパスOMETリックの最小値とパスOMETリックの2番目に小さい値の差が大きいほど、その判定は信頼性が高いといえる。これを考慮して、上述したパスOMETリックの最小値の逆数に換えて、この差を用いて乗算係数を求めるようにしてもよい。

**【0194】**

またこの実施の形態では、図24を用いて本実施の形態の特徴を説明したが、本実施の形態の適用範囲はこれに限らない。本実施の形態の特徴は、他の変調信号の判定結果を用いて自変調信号の候補信号点を削減し、削減した候補信号点を用いて自変調信号を判定する場合に広く適用することができる。例えば上述した実施の形態1から実施の形態7の全てに適用可能である。

**【0195】****(実施の形態9)**

この実施の形態の特徴は、実施の形態1～実施の形態8の特徴に加えて、所定のタイミングで特定のシンボルを送信することである。この実施の形態では、第1に、特定のシンボルとして、時空間符号（この実施の形態では、時空間ブロック符号（STBC: Space-Time Block Code）を用いる）を送信することを提案する。また本実施の形態では、第2に、特定のシンボルとして、特殊シンボルを送信することを提案する。

**【0196】**

このように所定のタイミングで特定のシンボルを送信することにより、実施の形態1～実施の形態8での効果に加えて、受信データの誤り率特性を一段と向上させることができるようになる。

**【0197】****(i) 時空間ブロック符号を送信する場合**

まず、時空間ブロック符号を送受信する原理について説明する。図33に、送信装置の各アンテナから送信する変調信号Aと変調信号Bのフレーム構成例を示す。図に示すように、送信装置は、第1のアンテナAN1（図1）から、変調信号Aとして、チャネル推定シンボル3301、データシンボル3302、3304、3306に加えて、規則的にSTBCシンボル3303を送信するようになっている。また送信装置は、第2のアンテナAN2（図1）から、変調信号Bとして、チャネル推定シンボル3307、データシンボル3308、3310、3312に加えて、規則的にSTBCシンボル3309を送信するようになっている。

**【0198】**

なお図33(A)と図33(B)の時間軸は同一である。つまり、チャネル推定シンボル3301と3307、データシンボル3302と3308、STBCシンボル3303と3309、データシンボル3304と3310、STBCシンボル3305と3311、データシンボル3306と3312は、それぞれ同時刻に送信される。また図33の例では、4シンボルのデータシンボルの間に2シンボルのSTBCシンボルを挿入して送信する。

**【0199】**

マルチアンテナ通信にSTBCを用いることは既知の技術であるが、図34を用いて簡単に説明する。STBCでは、時間tにアンテナ3401からS1の信号の変調信号を送信すると共にアンテナ3402からS2の信号の変調信号を送信する。そして時間t+1にアンテナ3401からS2\*の信号の変調信号を送信すると共にアンテナ3402からS1\*の信号の変調信号を送信する。但し、\*は共役複素を示す。

**【0200】**

このとき、アンテナ3403の時間tの受信信号をR1(t)、時間t+1の受信信号をR1(t+1)とすると、以下の関係式が成立する。

**【0201】**

## 【数 2】

$$\begin{pmatrix} R1(t) \\ R1(t+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h1(t) & h2(t) \\ h2^*(t+1) & -h1^*(t+1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S1 \\ S2 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

受信部では、(2) 式を解くことで送信信号 S1、S2 を復調することになるが、(2) 式を見れば分かるように、大きなダイバーシチゲインを得ることができるので、信号 S1、S2 を品質良く求めることができる。

## 【0202】

ここで、図 33 のように、STBC を挿入する場合、変調信号 A を形成する際に、データシンボル 3302、3304、3306 と、STBC シンボル 3303、3305 の中の信号 S1 とで畳み込み符号化、ターボ符号化、LDPC (Low Density Parity Check) 符号化などの符号化を行うようにするとよい。また変調信号 B を形成する際に、データシンボル 3308、3310、3312 と、STBC シンボル 3309、3311 の中の信号 S2 とで畳み込み符号化、ターボ符号化、LDPC 符号化などの符号化を行うようにするとよい。

## 【0203】

次に、図 33 のような信号を送信するためのマルチアンテナ送信装置の構成例と、その信号を受信復調するためのマルチアンテナ受信装置の構成例を説明する。

## 【0204】

マルチアンテナ送信装置については、図 2 や図 28 の変調部 202A、202B を、例えば図 35 のように構成すればよい。変調部 202A と変調部 202B はほぼ同様の構成でよいので、ここでは変調部 202A について説明する。

## 【0205】

変調部 202A は、データシンボル信号生成部 3501 及び STBC シンボル信号生成部 3502 に符号化データ S1A を入力する。またデータシンボル信号生成部 3501、STBC シンボル信号生成部 3502、チャネル推定シンボル信号生成部 3503 及び信号選択部 3508 にフレーム構成信号 S10 を入力する。

## 【0206】

データシンボル信号生成部 3501 は、フレーム構成信号 S10 がデータシンボルを示していたとき、符号化データ S1A を変調し、データシンボルのベースバンド信号 3504 を出力する。STBC シンボル信号生成部 3502 は、フレーム構成信号 S10 が STBC シンボルを示していたとき、符号化データ S1A を変調し、STBC シンボルのベースバンド信号 3506 を出力する。チャネル推定シンボル信号生成部 3503 は、フレーム構成信号 S10 がチャネル推定シンボルを示していたとき、チャネル推定シンボルのベースバンド信号 3507 を出力する。

## 【0207】

信号選択部 3508 は、入力されたベースバンド信号 3504、3506、3507 の中からフレーム構成信号 S10 が示しているベースバンド信号を選択し、ベースバンド信号 S2A として出力する。これにより、図 33 に示すようなフレーム構成の変調信号を送信することができる。

## 【0208】

図 36 及び図 37 に、本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成例を示す。図 36 は、反復復号を用いないときの信号処理部の構成を示し、図 5 との対応部分に同一符号を付した。図 37 は、反復復号を用いるときの信号処理部の構成を示す。

## 【0209】

まず、図 36 の信号処理部 3600 の構成を説明する。信号処理部 3600 の STBC シンボルブランチメトリック計算部 4101 は、チャネル変動推定値 h11、h21、h12、h22 及びベースバンド信号 R1-2、R2-2 を入力とし、STBC シンボルのブランチメトリックを求め、STBC シンボルのブランチメトリック信号 4102、4103 を出力する。

## 【0210】

このとき、STBCシンボルのブランチメトリック信号は2系統出力されることになる。これは、(2)式におけるS1、S2に対し、ブランチメトリックが存在するからである。4102は変調信号Aとして送信されたSTBCシンボルのブランチメトリック信号であり、4103は変調信号Bとして送信されたSTBCのブランチメトリック信号である。

## 【0211】

分離部501は、図33におけるデータシンボルについてのみ(1)式による信号分離を行い、推定ベースバンド信号502、505を出力する。

## 【0212】

データシンボルブランチメトリック計算部4104は、変調信号Aの推定ベースバンド信号502を入力とし、変調信号Aのデータシンボルのブランチメトリック計算し、データシンボルのブランチメトリック信号4105を出力する。同様に、データシンボルブランチメトリック計算部4106は、変調信号Bの推定ベースバンド信号505を入力とし、変調信号Bのデータシンボルのブランチメトリック計算し、データシンボルのブランチメトリック信号4107を出力する。

## 【0213】

復号部4108は、STBCシンボルのブランチメトリック信号4102、データシンボルのブランチメトリック信号4105を入力とし、パスメトリックを求め、復号することで、送信デジタル信号TAについての判定値504を出力する。同様に、復号部4109は、STBCシンボルのブランチメトリック信号4103、データシンボルのブランチメトリック信号4107を入力とし、パスメトリックを求め、復号することで、送信デジタル信号TBについての判定値507を出力する。

## 【0214】

信号点削減部508、510、514、516は、データシンボルについて実施の形態1で説明したのと同様に信号点削減を行い、信号点削減後の信号点情報を出力する。データシンボルブランチメトリック計算部4110、4112は、信号点削減後の信号点情報とベースバンド信号R1-2、R2-2を入力とし、データシンボルのブランチメトリック信号を出力する。復号部4114、4115は、データシンボルのブランチメトリック信号とSTBCシンボルのブランチメトリック信号を入力とし、パスメトリックを求め、復号する。

## 【0215】

次に、図37の構成について説明する。上述したように図37は、反復復号を用いるときの信号処理部の構成であり、図36の構成と図13の構成を組み合わせたものである。つまり、図36と図37の関係は、既に説明した図5と図13の関係と同じである。従って、図37の図36と対応する部分には同一符号を付して、その説明は省略する。

## 【0216】

次に、本実施の形態のように規則的に時空間符号を送信した場合の受信時の動作及び効果について説明する。

## 【0217】

図38に、図33のようなフレーム構成の信号を受信したときの受信状態例を示す。図38(A)は変調信号Aのフレーム構成を示す。図38(B)は一度目の判定後の変調信号Aの状態例を示す。図38(C)は信号点削減後の変調信号Bの状態を示す。なお図38(A)、図38(B)を変調信号Bとし、図38(C)を変調信号Aとして考えても同様である。

## 【0218】

STBCシンボル3501、3502は、符号化によるダイバーシチゲインと受信アンテナにおけるダイバーシチゲインが得られるため、ブランチメトリックを求めた際、非常に信頼性が高い。またSTBCシンボル3501、3502は、実施の形態1~8のような信号点削減を必要としない。一方、データシンボルでは、ダイバーシチゲインが小さい



ため、ブランチメトリックを求めた際、信頼性が低い。

#### 【0219】

このような特性のなか、変調信号Aの一度目の軟判定後の状態について考える。STBCシンボルにおけるブランチメトリックの信頼性が非常に高いため、STBCシンボルのパスメトリックを求めて軟判定を行うと、正しいシンボルが得られる可能性が非常に高くなる。

#### 【0220】

従って、変調信号Aのシンボル判定を正しく行うことができるため、この判定結果を用いてデータシンボルについての信号点削減を行うと、誤った信号点を選択する可能性が低くなる。この結果、削減された信号点を用いて変調信号Bのブランチメトリックを求めた際の、ブランチメトリックの信頼性が高くなる。

#### 【0221】

加えて、変調信号BにもSTBCシンボルが挿入されており、STBCシンボルにおける符号化によるダイバーシチゲインと受信アンテナにおけるダイバーシチゲインによりSTBCシンボルで求めたブランチメトリックの信頼性が非常に高い。

#### 【0222】

これら2つの効果により、パスメトリックを求め、軟判定復号を行った際の、変調信号Bの誤り率特性を著しく向上させることができる。

#### 【0223】

また実施の形態3、4のイタレーション処理を行う場合を考えると、本実施の形態のようにSTBCシンボルを挿入したフレーム構成とすることで、良好な誤り率特性を得るためのイタレーションの回数が少なくなると共に、さらなる誤り率特性の改善につながる。また実施の形態6のように、変調信号Aと変調信号Bのインターリーブパターンを異なるようにすると、誤り率特性はさらに改善される。その構成については、実施の形態6で詳述したのでここでは説明を省略するが、要は、送信側に、それぞれ異なるインターリーブパターンをもつ複数のインターリーブを設けて各アンテナから異なるインターリーブパターンでインターリーブされた変調信号を送信すると共に、受信側に、各インターリーブに対応するデインターリーブ及びインターリーブを設けるようにすればよい。

#### 【0224】

(ii) 特殊シンボルを送信する場合

次に、特殊シンボルを送受信する原理について説明する。図39及び図40に特殊シンボルのフレーム構成例を示す。

#### 【0225】

図39のフレーム構成について詳しく説明する。このフレーム構成では、変調信号Aとしてデータシンボル3701を送信している時間と同一時間に、変調信号Bとして同相I-直交Q平面で(0, 0)の信号で構成されたシンボル3703を送信する。すなわち変調信号Bを送信しない。また変調信号Bとしてデータシンボル3704を送信している時間と同一時間に、変調信号Aとして同相I-直交Q平面で(0, 0)の信号で構成されたシンボル3702を送信する。すなわち変調信号Aを送信しない。

#### 【0226】

図39の例では、一つのアンテナのみからデータシンボルを送信し、他のアンテナは無送信とすることを、特殊シンボルと呼ぶ。つまり、ここではこのような特殊シンボルをSTBCシンボルに換えて、規則的に送信することを提案する。

#### 【0227】

これにより、変調信号Aのデータシンボル3701を受信機が受信するとき、変調信号Bには信号が存在していないため、複数アンテナで変調シンボルAのみが受信されるので、ダイバーシチゲインが得られ、データシンボル3701について信頼性の高いブランチメトリックを得ることができる。加えて、信号点削減を行う必要がない。同様に、変調信号Bのデータシンボル3704を受信機が受信するとき、変調信号Aには信号が存在していないため、複数アンテナで変調信号Bのみが受信されるので、ダイバーシチゲインが得

られ、データシンボル 3704 について信頼性の高いブランチメトリックを得ることができ。加えて、信号点削減を行う必要がない。

#### 【0228】

因みに、特殊シンボル中のデータシンボル 3701、3704 は、このシンボルと時間的に前後する他のデータシンボルと共に符号化するようにする。このようにして、特殊シンボルとこれと前後する他のデータシンボルとを関与付ける。

#### 【0229】

図 40 のフレーム構成について詳しく説明する。このフレーム構成では、変調信号 A を既知データシンボル 3801 とすると共に変調信号 B を既知データシンボル 3802 とし、この既知データシンボル 3801、3802 を同一時間に送信する。ここで既知データシンボルとは、既知のデータを送信することである。つまり、図 40 の例では、複数のアンテナからそれぞれ既知データシンボルを送信することを、特殊シンボルと呼ぶ。つまり、ここではこのような特殊シンボルを STBC シンボルに換えて、規則的に送信することを提案する。

#### 【0230】

これにより、変調信号 A と変調信号 B の既知データシンボル 3801、3802 を受信機が受信するとき、これらのシンボルが既知であるため各シンボルを確実に識別できる。よって、複数アンテナでの受信により、各変調シンボルで十分なダイバーシチゲインが得られ、各シンボルについて信頼性の高いブランチメトリックを得ることができる。加えて、信号点削減を行う必要がない。

#### 【0231】

因みに、特殊シンボル中の既知データシンボル 3801、3802 は、このシンボルと時間的に前後する他のデータシンボルと共に符号化するようにする。このようにして、特殊シンボルとこれと前後する他のデータシンボルとを関与付ける。

#### 【0232】

なお図 40 では、既知データシンボルが 1 シンボルで構成されている例を説明したが、STBC 方式を用い、2 シンボルで構成してもよい。いずれにおいても、既知データシンボルが符号化に関与していることが重要となる。

#### 【0233】

次に、図 39 や図 40 のような信号を送信するためのマルチアンテナ送信装置の構成例と、その信号を受信復調するためのマルチアンテナ受信装置の構成例を説明する。

#### 【0234】

マルチアンテナ送信装置については、図 2 や図 28 の変調部 202A、202B を、例えば図 41 のように構成すればよい。変調部 202A と変調部 202B はほぼ同様の構成でよいので、ここでは変調部 202A について説明する。

#### 【0235】

ここで図 41 の構成は、既に説明した図 35 の構成と比較して、STBC シンボル信号生成部 3502 を特殊シンボル信号生成部 4001 に換えただけなので、図 35 と同一の部分については同一符号を付して説明を省略する。特殊シンボル信号生成部 4001 は、符号化データ S1A 及びフレーム構成信号 S10 を入力とし、フレーム構成信号 S10 が特殊シンボルを示していたとき、図 39 や図 40 に示した特殊シンボルのベースバンド信号 4002 を出力する。

#### 【0236】

またこのような特殊シンボルが挿入された変調信号を受信復調するマルチアンテナ受信装置の構成は、図 36 や図 37 の STBC シンボルブランチメトリック計算部 4101 を、特殊シンボルブランチメトリック計算部に置き換えればよい。

#### 【0237】

図 42 に、特殊シンボルを受信したときの受信状態例を示す。図 42 (A) は変調信号 A のフレーム構成を示す。図 42 (B) は一度目の判定後の変調信号 A の状態例を示す。図 42 (C) は信号点削減後の変調信号 B の状態を示す。なお図 42 (A)、図 42 (B)

) を変調信号Bとし、図42(C)を変調信号Aとして考えても同様である。

#### 【0238】

STBCシンボルを挿入した場合と同様に特殊シンボルを挿入すると、特殊シンボルにおけるブランチメトリックの信頼性が非常に高いため、特殊シンボルのパスメトリックを求めて軟判定を行うと、正しいシンボルが得られる可能性が非常に高くなる。

#### 【0239】

従って、変調信号Aのシンボル判定を正しく行うことができるため、この判定結果を用いてデータシンボルについての信号点削減を行うと、誤った信号点を選択する可能性が低くなる。この結果、削減された信号点を用いて変調信号Bのブランチメトリックを求めた際の、ブランチメトリックの信頼性が高くなる。

#### 【0240】

加えて、変調信号Bにも特殊シンボルが挿入されており、特殊シンボルにおける符号化によるダイバーシチゲインと受信アンテナにおけるダイバーシチゲインにより特殊シンボルで求めたブランチメトリックの信頼性が非常に高い。

#### 【0241】

これら2つの効果により、パスメトリックを求め、軟判定復号を行った際の、変調信号Bの誤り率特性を著しく向上させることができる。

#### 【0242】

また実施の形態3、4のイタレーション処理を行う場合を考えると、本実施の形態のように特殊シンボルを挿入したフレーム構成とすることで、良好な誤り率特性を得るためのイタレーションの回数が少なくなると共に、さらなる誤り率特性の改善につながる。また実施の形態6のように、変調信号Aと変調信号Bのインターリーブパターンを異なるようにすると、誤り率特性はさらに改善される。

#### 【0243】

##### (iii) 他の構成例

上述した実施の形態では、図38に示す位置にSTBCシンボル3501、3502を挿入し、図42に示す位置に特殊シンボル3601、3602を挿入する場合を例に挙げたが、STBCシンボル及び特殊シンボルの挿入位置及び間隔はこれに限らない。またデータシンボルの間に挿入するシンボルは、STBCシンボルや図39、図40に示した特殊シンボルに限らず、要は、ブランチメトリックの信頼性が高く、信号点削減が不要なシンボルであれば適用でき、このようなシンボルであれば上述したのと同様の効果を得ることができる。

#### 【0244】

また挿入するブランチメトリックの信頼性の高いシンボル(図38のSTBCシンボル及び図42の特殊シンボル)は、信頼性の高いブランチメトリックを得るためのパイロットシンボルと呼ぶこともできる。

#### 【0245】

また上述した実施の形態では、スペクトル拡散通信方式に適用した例を説明したがこれに限ったものではなく、例えばOFDM方式に適用することもできる。この場合、符号化する方法は、図38、図42のように時間軸に方向に符号化する方法も可能であるし、また図38、図42の横軸を周波数軸と考え、周波数軸に符号化することも可能である。加えて、時間軸と周波数軸の両方向に符号化することも可能である。またスペクトル拡散通信方式でないシングルキャリア方式にも当然適用することができる。

#### 【0246】

さらに受信装置の構成は、図36、図37の構成に限ったものではなく、例えば、図12、図18のように変調信号Aと変調信号Bを交互に復調する構成をとることもできる。この場合、図36、図37の構成よりも回路規模を削減することができる。

#### 【0247】

##### (実施の形態10)

この実施の形態では、符号化ブロック内で、必ず1度は、変調信号を送信するアンテナ

を切り替えることを提案する。これにより、直接波の影響による定常状態を変えることができるため、誤り率特性が符号化ブロック内全てに亘って悪くなる事態を回避して、誤り率特性が良い状態に引き込むことができるようになる。

#### 【0248】

先ず、本実施の形態の原理について説明する。見通しの伝搬環境について考える。このとき、(1)式におけるチャネル行列は、直接波成分のチャネル要素 $h_{11,d}$ ,  $h_{12,d}$ ,  $h_{21,d}$ ,  $h_{22,d}$ と散乱波成分のチャネル要素 $h_{11,s}$ ,  $h_{12,s}$ ,  $h_{21,s}$ ,  $h_{22,s}$ に分けて考えることができ、次式のように表すことができる。

#### 【0249】

##### 【数3】

$$\begin{pmatrix} R_{X1} \\ R_{X2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11,d} & h_{12,d} \\ h_{21,d} & h_{22,d} \end{pmatrix} + \rho_r \begin{pmatrix} h_{11,s} & h_{12,s} \\ h_{21,s} & h_{22,s} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_{Xa} \\ T_{Xb} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \end{pmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

直接波のチャネル要素は、定常の状態に陥ると、その状態に応じて受信電界強度が同一であっても全く異なる受信品質を示すことが知られている（例えば、文献“ライスフェージングにおけるMIMOシステムの解析”電子情報通信学会、信学技報RCS2003-90、pp. 1-6、2003年7月を参照）。特に、直接波が支配的な見通し環境では、実施の形態6のように変調信号間でインターリーブパターンを異なるようにしたことの効果十分に現れないような定常状態になる可能性がある。このような状態に陥ると、受信電界強度が十分とれていても、良好な誤り率特性を得られないと考えられる。この実施の形態は、このような考察に基づいてなされたものである。

#### 【0250】

先ず、符号化シンボルブロックの説明から始める。図43に、本実施の形態における符号化シンボルブロックの構成と送信する順番の例を示す。図43(A)は、符号化シンボルブロックの構成の一例を示している。符号化されているシンボルは、有限長で構成される。符号化シンボルブロックとは、その有限長で構成されているブロックのことを意味する（ここでは300シンボルで構成されている）。1, 2, ……., 299, 300の数字は、データの符号化の順番を示している。そして、インターリーブを行う際には、例えば、100シンボル単位に分割し、図43(A)の縦から読み出すことで、図43(B)のような順番でデータが送信されることになる。

#### 【0251】

ところで、直接波が支配的な環境のときには、MIMO通信でない従来の変調信号を1系統送信する場合についても、伝搬環境の変動が小さいため、インターリーブの効果は小さいが、受信電界強度が十分であるため、良好な受信品質（誤り率特性）が得られる。

#### 【0252】

一方、MIMO通信の場合、直接波が支配的な環境のとき、伝搬環境の変動が小さいため、インターリーブの効果は小さいことは、従来と同様であるが、異なる点は、受信電界強度が十分ではあっても、(3)式の直接波の行列の状態によっては、受信品質が悪くなる場合が発生することである。

#### 【0253】

そこで本実施の形態では、符号化ブロック内で、必ず1度は、変調信号を送信するアンテナを切り替えるようにする。その具体的なフレーム構成例を、図44に示す。変調信号Aについて、図43(B)に示すようなインターリーブを施し、図43(B)を3分割し（以下、分割した各ブロックを、XAブロック、YAブロック、ZAブロックと呼ぶ）、分割したブロックのうち必ず1つは別のアンテナから送信するようにする。

#### 【0254】

例えば図44に示すように、変調信号Aにおいて、XAブロックはデータシンボル4402、YAブロックはデータシンボル4404、ZAブロックはデータシンボル4406に相当するものとしたとき、データシンボル4402、4404（すなわちXAブロックとYAブロック）は同一のアンテナAN1から送信するが、データシンボル4406（す

なわち Z A ブロック) は送信するアンテナを別のアンテナ A N 2 に切り替えるようにする。

#### 【0255】

同様に、変調信号 B においても図 4 3 (B) に示すようなインターリーブを施し (但し、実施の形態 6 で説明したように、変調信号 B については、図 4 3 (B) とは異なるインターリーブパターンを用いた方が誤り率特性が良くなる)、図 4 3 (B) を 3 分割し (以下、分割したブロックを、X B ブロック、Y B ブロック、Z B ブロックと呼ぶ)、分割したブロックのうち必ず 1 つは別のアンテナから送信するようにする。

#### 【0256】

例えば図 4 4 に示すように、変調信号 B において、X B ブロックはデータシンボル 4 4 0 8、Y B ブロックはデータシンボル 4 4 1 0、Z B ブロックはデータシンボル 4 4 1 2 に相当するものとしたとき、データシンボル 4 4 0 8 (すなわち X B ブロック) はアンテナ A N 2 から送信するが、データシンボル 4 4 1 0、4 4 1 2 (すなわち Y B ブロックと Z B ブロック) は別のアンテナ A N 3 から送信するようにする。

#### 【0257】

ここで変調信号 A、B をアンテナ A N 1、アンテナ A N 2 で送信した場合に、直接波の影響により定常的になった行列の状態が悪く、このため受信電界強度が十分でもブランチメトリックの信頼性が低いとする。同様に、変調信号 A、B をアンテナ A N 1 とアンテナ A N 3 で送信した場合にも、直接波の影響により定常的になった行列の状態が悪く、このため受信電界強度が十分でもブランチメトリックの信頼性が低いとする。

#### 【0258】

一方、変調信号 A、B をアンテナ A N 2 とアンテナ A N 3 で送信された場合に、直接波の影響により定常的になった行列の状態が良く、このためブランチメトリックの信頼性が高いとする。

#### 【0259】

このように、直接波による定常状態に陥ったときの行列の状態は、変調信号を送信するアンテナを切り替えることで変えることができる。この結果、ブランチメトリックの信頼性を、変調信号を送信するアンテナを切り替えることで変化させることができる。具体的には、図 4 4 の期間 t 1、t 2 では、信頼性の低いブランチメトリックしか得られないが、期間 t 3 では、信頼性の高いブランチメトリックを得ることができるようになる。因みに、変調信号を送信するアンテナを切り替えると、受信電界強度が変わるのではなく、行列の状態が変わるのである。但し、送信アンテナの選択パターンが同一である場合は、ほぼ同一の状態である。

#### 【0260】

また符号化ブロック内で変調信号を送信するアンテナを切り替えるようにしたので、符号化ブロック内で、デインターリーブにより、信頼性の高いブランチメトリックと低いブランチメトリックがランダムに並び換えられるようになる。この結果、パスメトリックを求め、復号すると、ある程度の信頼性のあるデータを得ることができる。そして、信号点削減を用いた反復復号により、ある程度の信頼性のあるデータを基に反復してデータを復号すると、十分信頼性のあるデータを得ることが可能となる。

#### 【0261】

図 4 5 に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置の構成例を示す。なお図 4 5 では、図 2 との対応部分には同一符号を付した。マルチアンテナ送信装置 4 5 0 0 のアンテナ選択部 4 5 0 1 は、変調信号 T a、T b、フレーム構成信号 S 1 0 を入力とし、フレーム構成信号 S 1 0 に従って変調信号 T a、T b を送信するアンテナ A N 1 ~ A N 3 を選択する。これにより、図 4 4 のフレーム構成の変調信号を送信することができる。

#### 【0262】

かくして本実施の形態によれば、符号化ブロック内で、必ず 1 度は、変調信号を送信するアンテナを切り替えるようにしたことにより、直接波の影響による定常状態を変えることができるため、誤り率特性の良くなる状態に引き込むことができるようになる。この結

果、上述した実施の形態 1～9 の特徴と組み合わせると、一段と誤り率特性の良い受信データを得ることができる。因みに、誤り率特性の良い状態に引き込むためには、変調信号間で異なるインターリーブパターンを選定したり、信号点削減による反復復号を適用すると効果的である。

#### 【0263】

(実施の形態 11)

この実施の形態では、各アンテナから異なるインターリーブパターンの変調信号を送信するにあたって、特にビットインターリーブを用いて異なるインターリーブパターンの変調信号を形成することを提案する。さらに、受信側での信号点削減を考えた場合に、誤り率特性の良い受信データが得られるようなビットインターリーブの仕方を提案する。

#### 【0264】

図 46 に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置によって送信する変調信号 A と変調信号 B の I-Q 平面における信号点配置例を示す。

#### 【0265】

図 2 との対応部分に同一符号を付して示す図 47 に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置の構成を示す。ここでマルチアンテナ送信装置 4700 の変調部 202A にて 16 QAM を行う場合、変調信号 A (ベースバンド信号 2A) の信号点配置は図 46 (a) のようになる。具体的には、送信デジタル信号 TA を符号化して得た 4 つの符号化ビット Sa0、Sa1、Sa2、Sa3 に応じて図 46 (a) の 16 点のうちのいずれかを割り当てる。

#### 【0266】

同様に、変調部 202B にて 16 QAM を行う場合、変調信号 B (ベースバンド信号 2B) の信号点配置は図 46 (b) のようになる。具体的には、送信デジタル信号 TB を符号化して得た 4 つの符号化ビット Sb0、Sb1、Sb2、Sb3 に応じて図 46 (b) の 16 点のうちのいずれかを割り当てる。

#### 【0267】

マルチアンテナ送信装置 4700 は、信号分離部 4701 に送信デジタル信号 TA を入力する。信号分離部 4701 は、送信デジタル信号 TA をデジタル信号 4702 とデジタル信号 4703 に分離し、デジタル信号 4702 を (Sa0, Sa2) 用符号化部 4704 に送出すると共にデジタル信号 4703 を (Sa1, Sa3) 用符号化部 4706 に送出する。(Sa0, Sa2) 用符号化部 4704 は、デジタル信号 4702 を符号化することにより符号化ビット Sa0, Sa2 からなる符号化ビット列 4705 を得、これをインターリーブ部 4708 に送出する。(Sa1, Sa3) 用符号化部 4706 は、デジタル信号 4703 を符号化することにより符号化ビット Sa1, Sa3 からなる符号化ビット列 4707 を得、これをインターリーブ部 4710 に送出する。

#### 【0268】

同様に、マルチアンテナ送信装置 4700 は、信号分離部 4712 に送信デジタル信号 TB を入力する。信号分離部 4712 は、送信デジタル信号 TB をデジタル信号 4713 とデジタル信号 4714 に分離し、デジタル信号 4713 を (Sb0, Sb2) 用符号化部 4715 に送出すると共にデジタル信号 4714 を (Sb1, Sb3) 用符号化部 4717 に送出する。(Sb0, Sb2) 用符号化部 4715 は、デジタル信号 4713 を符号化することにより符号化ビット Sb0, Sb2 からなる符号化ビット列 4716 を得、これをインターリーブ部 4719 に送出する。(Sb1, Sb3) 用符号化部 4717 は、デジタル信号 4714 を符号化することにより符号化ビット Sb1, Sb3 からなる符号化ビット列 4718 を得、これをインターリーブ部 4721 に送出する。

#### 【0269】

インターリーブ部 4708、4710 はそれぞれ、符号化ビット列 4705、4707 をビットインターリーブすることにより符号化ビット列 4709、4711 を得、これを変調部 202A に送出する。同様に、インターリーブ部 4719、4721 はそれぞれ、符号化ビット列 4716、4718 をビットインターリーブすることにより符号化ビット列 4

720、4722を得、これを変調部202Bに送出する。

#### 【0270】

この実施の形態の場合、インターリーブ4708及びインターリーブ4719のインターリーブパターンは同一のインターリーブパターンXとされており、インターリーブ4710及びインターリーブ4721のインターリーブパターンは同一のインターリーブパターンYとされている。

#### 【0271】

このように、各アンテナから送信する各変調信号についてのビットインターリーブパターンを全て異なるものとするのではなく、変調信号間でビットインターリーブパターンの同じ組を作ることにより、受信側で信号点削減を行ったときに誤り率特性の良い受信データを得ることができるようになる。その理由については後述する。

#### 【0272】

インターリーブ4708、4710、4719、4721によるビットインターリーブの一例を図48に示す。図48は、インターリーブ前と、インターリーブ後のデータの順番を示している。

#### 【0273】

変調信号Aについての符号化ビットSa0、Sa2のインターリーブ前の順番に対し、データ1、データ2、・・・、データ200と順番を付ける。ここでインターリーブ4708が5つのデータおきに順番を並び替えるビットインターリーブを行ったとすると、先ずデータ1、データ6、・・・、データ196と並べる。次に、データ2、データ7、・・・、データ197と並べる。以下、データ3、データ8、・・・、データ198、次に、データ4、データ9、・・・、データ199、次に、データ5、データ10、・・・、データ200と並べる。変調信号Bについての符号化ビットSb0、Sb2のデータについても、インターリーブ4719によって同様の並び替えが行われる。

#### 【0274】

また変調信号Aについての符号化ビットSa1、Sa3のインターリーブ前の順番に対し、データ1、データ2、・・・、データ200と順番を付ける。ここでインターリーブ4710が8つおきに順番を並び替えるビットインターリーブを行ったとすると、先ずデータ1、データ9、・・・、データ193と並べる。次に、データ2、データ10、・・・、データ194と並べる。以下、データ3、データ11、・・・、データ195、次に、データ4、データ12、・・・、データ196、次に、データ5、データ13、・・・、データ197、次に、データ6、データ14、・・・、データ198、次に、データ7、データ15、・・・、データ199、次に、データ8、データ16、・・・、データ200と並べる。変調信号Bについての符号化ビットSb1、Sb3のデータについても、インターリーブ4721によって同様の並び替えが行われる。

#### 【0275】

次に本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の構成及び動作について説明する。マルチアンテナ受信装置の全体構成は、図4と同様である。但し、図4の信号処理部404として、図49のような構成の信号処理部4900を設ける。

#### 【0276】

図24との対応部分に同一符号を付して示す図49において、信号処理部4900は、符号化ビットSa0、Sa2用のデインターリーブ2401Aによって送信デジタル信号Aの順番を並び替えることで推定ベースバンド信号502を得、次に符号化ビットSa0、Sa2用の軟判定復号部503によって軟判定復号することで、符号化ビットSa0、Sa2の情報を得る。次に、符号化ビットSa0、Sa2用のインターリーブ2402Aによって順番を並び替え、インターリーブ後の符号化ビットSa0、Sa2の符号化ビット列504を出力する。

#### 【0277】

変調信号Bについても同様であり、符号化ビットSb0、Sb2用のデインターリーブ2401Bによって送信デジタル信号Bの順番を並び替えることで推定ベースバンド信

号505を得、次に符号化ビットSb0、Sb2用の軟判定復号部506によって軟判定復号することで、符号化ビットSb0、Sb2の情報を得る。次に、符号化ビットSb0、Sb2用のインターリーブ2402Bによって順番を並び替え、インターリーブ後の符号化ビットSb0、Sb2の符号化ビット列507を出力する。

**【0278】**

次に動作する信号点削減部1301、1302の処理について、図50を用いて説明する。

**【0279】**

図50(a)は、信号点削減前の候補信号点を示しており(○:候補信号点)、候補信号点は本実施の形態では、8ビットを伝送しているため、256個の候補信号点が存在することになる。そして、インターリーブ後の符号化ビットSa0、Sa2の情報504、及び、インターリーブ後の符号化ビットSb0、Sb2の情報507から、4ビットが決定しているため、信号点削減部1301、1302は、図50(b)のように、256個の候補信号点を16個の候補信号点に削減する。

**【0280】**

そして、尤度判定部4901は、図50(b)のように、16個の候補信号点と受信ベースバンド信号(■)とのユークリッド距離の2乗を求め、ブランチメトリックを求める。ブランチメトリックは、各アンテナについて求められるため、2系統求められることになるが、尤度判定部4901は、各アンテナで求められたブランチメトリックの和を求め、そのブランチメトリックを基に符号化ビットSa1、Sa3、Sb1、Sb3を決定し、符号化ビットSa1、Sa3をデインターリーブ4902に、符号化ビットSb1、Sb3をデインターリーブ4905に出力する。

**【0281】**

デインターリーブ4902は、符号化ビットSa1、Sa3の順番を並び替え、デインターリーブ後の符号化ビットSa1、Sa3を復号部4903に送出する。復号部4903は、デインターリーブ後の符号化ビットSa1、Sa3を、例えば硬判定復号することにより、誤り訂正後の符号化ビットSa1、Sa3の情報4904を出力する。

**【0282】**

同様に、デインターリーブ4905は、符号化ビットSb1、Sb3の順番を並び替え、デインターリーブ後の符号化ビットSb1、Sb3を復号部4906に送出する。復号部4906は、デインターリーブ後の符号化ビットを、例えば硬判定復号することにより、誤り訂正後の符号化ビットSb1、Sb3の情報4907を出力する。

**【0283】**

以上により、符号化ビットSa0から符号化ビットSa3が得られ、また符号化ビットSb0から符号化ビットSb3が得られることになる。このとき、信号点削減を行っているために、従来であればアンテナごとに256回のユークリッド距離を求める演算が必要であったところを、16回の演算で済ませることができるので、演算規模の削減を図ることができることになる。

**【0284】**

以降では、さらなる受信品質改善のために、反復復号を適用する方法、及び、インターリーブパターンを上述のように異なるようにした理由について詳しく説明する。

**【0285】**

先ず、反復復号の適用方法について詳しく説明する。インターリーブ4908は、上記のように得られた誤り訂正後の符号化ビットSa1、Sa3を入力とし、符号化ビットSa1、Sa3用のインターリーブを施し、インターリーブ後の符号化ビットSa1、Sa3を信号点削減部1303、1304に送出する。同様に、インターリーブ4909は、上記のように得られた誤り訂正後の符号化ビットSb1、Sb3を入力とし、符号化ビットSb1、Sb3用のインターリーブを施し、インターリーブ後の符号化ビットSb1、Sb3を信号点削減部1303、1304に送出する。

**【0286】**



信号点削減部1303、1304は、インターリーブ後の符号化ビットSa1、Sa3情報、及び、インターリーブ後の符号化ビットSb1、Sb3の情報を入力とし、図50のように256個の候補信号点を、インターリーブ後の符号化ビットSa1、Sa3及びインターリーブ後の符号化ビットSb1、Sb3によって決定されている4ビットを用いて、16個の候補信号点に削減する。

**【0287】**

そして、尤度判定部4910は、図50(b)のように16個の候補信号点と受信バンド信号(■)とのユークリッド距離の2乗を求め、ブランチメトリックを求める。ブランチメトリックは、各アンテナについて求められるため、2系統求められることになるが、尤度判定部4910は、各アンテナで求められたブランチメトリックの和を求め、そのブランチメトリックを基に符号化ビットSa0、Sa2、Sb0、Sb2を決定し、符号化ビットSa0、Sa2をデインターリーブ4911に、符号化ビットSb0、Sb2をデインターリーブ4914に出力する。

**【0288】**

デインターリーブ4911は、符号化ビットSa0、Sa2の順番を並び替え、デインターリーブ後の符号化ビットSa0、Sa2を復号部4912に送出する。復号部4912は、デインターリーブ後の符号化ビットSa0、Sa2を、例えば硬判定復号することにより、誤り訂正後の符号化ビットSa0、Sa2の情報4913を出力する。

**【0289】**

同様に、デインターリーブ4914は、符号化ビットSb0、Sb2の順番を並び替え、デインターリーブ後の符号化ビットSb0、Sb2を復号部4915に送出する。復号部4915は、デインターリーブ後の符号化ビットSb0、Sb2を、例えば硬判定復号することにより、誤り訂正後の符号化ビットSb0、Sb2の情報4916を出力する。

**【0290】**

以上により、受信品質(誤り率特性)が向上した符号化ビットSa0、Sa2、Sb0、Sb2の情報4913、4916が得られることになる。

**【0291】**

さらに、インターリーブ4917は、誤り訂正後の符号化ビットSa0、Sa2の情報4913を入力とし、インターリーブ後の符号化ビットSa0、Sa2の情報を信号点削減部1301、1302に送出する。同様に、インターリーブ4918は、誤り訂正後の符号化ビットSb0、Sb2の情報4916を入力とし、インターリーブ後の符号化ビットSb0、Sb2の情報を信号点削減部1301、1302に送出する。

**【0292】**

そして、上述した動作を、信号点削減部1301、1302、尤度判定部4901、デインターリーブ4902、4905、復号部4903、4906において行うことで、受信品質の向上した符号化ビットSa1、Sa3、Sb1、Sb3の情報4904、4907が得られる。

**【0293】**

以上の操作を複数回行うことで、受信品質を向上させることができる。これらの処理のフローチャートを図51に示す。

**【0294】**

はじめに、変調信号Aの符号化ビットSa0、Sa2及び変調信号Bの符号化ビットSb0、Sb2を復号する(ST21A)。次に、得られた符号化ビットSa0、Sa2、Sb0、Sb2の情報を基に信号点削減を行い(ST21B)、符号化ビットSa1、Sa3及び符号化ビットSb1、Sb3を復号する(ST22B)。次に、得られた符号化ビットSa1、Sa3、Sb1、Sb3の情報を基に信号点削減を行い(ST22A)、符号化ビットSa0、Sa2及び符号化ビットSb0、Sb2を復号する(ST23A)。以下同様の処理を繰り返す。

**【0295】**

本実施の形態においては、符号化ビットSa0、Sa2用のインターリーブと符号化ビ

ットSb0, Sb2用のインターリーブのインターリーブパターンを同一とし、符号化ビットSa1, Sa3用のインターリーブと符号化ビットSb1, Sb3用のインターリーブのインターリーブパターンを同一とした。これによる効果は、全てのインターリーブパターンを異なるようにするよりも、信号点削減を行った際の誤り率を小さくできることである。

**【0296】**

しかし、本質的には、符号化ビットSa0, Sa2用のインターリーブと符号化ビットSa1, Sa3用のインターリーブのインターリーブパターンを異なるようにしたことが、受信品質向上のためには重要となる。以下では、その理由について詳しく説明する。

**【0297】**

図52は、符号化ビットSa0, Sa2用のインターリーブと符号化ビットSb0, Sb2用のインターリーブのインターリーブパターンを同一とし、符号化ビットSa1, Sa3用のインターリーブと符号化ビットSb1, Sb3用のインターリーブのインターリーブパターンを同一とし、かつ、符号化ビットSa0, Sa2用のインターリーブと符号化ビットSa1, Sa3用のインターリーブのインターリーブパターンが同一のときの受信状態の一例を示している。すなわち、全てのインターリーブのインターリーブパターンが同一の場合の例である。

**【0298】**

このようなインターリーブパターンのもと、図49の軟判定部503において、符号化ビットSa0, Sa2の復号を行った結果、誤って判定されたシンボルが図52(A)のように連続的に発生したと仮定する。因みに、畳み込み符号などを用いたときには、連続して誤りが発生するのが一般的である。すると、信号点数削減部1301、1302において、信号点数の削減を行った際、図52(B)のように、信号点削減による信号点選択に連続して誤りが生じることになる。この結果、復号部4903、4906によって符号化ビットSa1, Sa3及び符号化ビットSb1, Sb3の復号を行っても、受信品質（誤り率特性）が効果的に向上しない。これは、誤り訂正符号は、連続的な誤りを訂正する能力が低いためである。

**【0299】**

図53に、本実施の形態のように、符号化ビットSa0, Sa2用のインターリーブと符号化ビットSb0, Sb2用のインターリーブのインターリーブパターンを同一とし、符号化ビットSa1, Sa3用のインターリーブと符号化ビットSb1, Sb3用のインターリーブのインターリーブパターンを同一とし、かつ、符号化ビットSa0, Sa2用のインターリーブと符号化ビットSa1, Sa3用のインターリーブのインターリーブパターンを異なるものとしたときの受信状態の一例を示す。

**【0300】**

このようなインターリーブパターンのもと、図49の軟判定部503において、符号化ビットSa0, Sa2の復号を行った結果、誤った判定を行ったシンボルが図53(A)のように連続的に発生したと仮定するものとする。すると、信号点数削減部1301、1302において、信号点数の削減を行った際、図53(B)と異なり、符号化ビットSa0, Sa2のインターリーブパターンと符号化ビットSa1, Sa3のインターリーブパターンが異なるため、デインターリーブにより、図53(B)のように、信号点削減による信号点選択の誤りは、離散的に生じることになる。すなわち、信号点削減による信号点選択の誤りは、図52(B)のように連続して発生しない。これにより、復号部4903、4906によって符号化ビットSa1, Sa3及び符号化ビットSb1, Sb3を復号すると、効果的に誤り率特性が向上する。これは、誤り訂正符号は、離散的な誤りを訂正する能力が高いためである。

**【0301】**

さらに符号化ビットSa0, Sa2用のインターリーブと符号化ビットSb0, Sb2用のインターリーブのインターリーブパターンを同一としているので、符号化ビットSa0, Sa2と符号化ビットSb0, Sb2の誤りの発生を同一にすることができる。

## 【0302】

例えば、符号化ビット  $Sa0$ ,  $Sa2$  の誤る確率が  $1/100$ 、符号化ビット  $Sb0$ ,  $Sb2$  の誤る確率が、 $1/100$  とする。このとき、符号化ビット  $Sa0$ ,  $Sa2$  と符号化ビット  $Sb0$ ,  $Sb2$  の誤りの発生が同一の場合には、信号点削減の誤る確率は、 $1/100$  である。しかし、誤りの発生パターンが異なると、信号点削減の誤る確率は  $1/100 + 1/100 = 1/50$  となってしまう。そして、インターリーブパターンが異なる場合、誤りの発生パターンが異なる可能性が高くなる。

## 【0303】

このように、信号点削減を行うことを考えると、符号化ビット  $Sa0$ ,  $Sa2$  用のインターリーブと符号化ビット  $Sb0$ ,  $Sb2$  用のインターリーブのインターリーブパターンを同一とするほうが好適である。

## 【0304】

ただし、全てのインターリーブパターンを異なるようにしても、上述したように信号点削減による信号点選択の誤りを離散的に生じさせることができるので、同様に誤り率特性の向上効果が得られる。すなわち、全てのインターリーブパターンを異なるようにすることは必須要件ではなく、全てが同一パターンでなければ、信号点削減による信号点選択の誤りを離散的に生じさせることができるといった点では、同様の効果を発揮することができる。

## 【0305】

かくして本実施の形態によれば、各アンテナから送信する変調信号のビットインターリーブパターンを異なるものとしたことにより、受信側での復号の際、バーストエラーの影響を軽減して、誤り率特性の良い受信データを得ることができるマルチアンテナ送信装置を実現できる。

## 【0306】

また各変調信号用に設けられた複数のインターリーブのうち、変調信号間のインターリーブで同一のインターリーブパターンのペア（インターリーブ4708とインターリーブ4719、インターリーブ4710とインターリーブ4721）を作るようにしたことにより、信号点削減時に誤りが発生する確率を小さくできるので、一段と誤り率特性の良い受信データを得ることができるようになる。

## 【0307】

なお上述した実施の形態では、スペクトル拡散通信方式に適用した例を説明したがこれに限ったものではなく、例えばスペクトル拡散通信方式でないシングルキャリア方式やOFDM方式にも適用することもできる。OFDM方式に適用した場合、符号化する方法は、図52のように時間軸に方向に符号化する方法も可能であるし、また図52の横軸を周波数軸と考え、周波数軸に符号化することも可能である。加えて、時間軸と周波数軸の両方向に符号化することも可能である。

## 【0308】

このとき、実施の形態7で説明したように、インターリーブパターンXは周波数の高いサブキャリアから低いサブキャリアへとデータを並び替えて配置するパターンにし、インターリーブパターンYは周波数の低いサブキャリアから高いサブキャリアへとデータを並び替えて配置するパターンにすると、有効に誤り率特性を向上させることができ、さらに回路構成も簡単化することができる。

## 【0309】

さらに、インターリーブの方法は、本実施の形態で説明した図は一例でありこれに限ったものではない。理想的には、ランダムインターリーブが適している。

## 【0310】

また上述した実施の形態では、インターリーブによってインターリーブを行う場合について述べたが、例えばOFDM方式に適用する場合には、各サブキャリアへのマッピング処理によってインターリーブを行うようにしてもよい。このようにすれば、インターリーブを省略することができる。

## 【0311】

(実施の形態 12)

この実施の形態では、実施の形態 11 とは別のビットインターリーブの仕方を提案する。

## 【0312】

図 2 との対応部分に同一符号を付して示す図 54 に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置の構成を示す。この実施の形態のマルチアンテナ送信装置 5400 が実施の形態 11 のマルチアンテナ送信装置 4700 と異なる点は、変調信号 A の符号化ビット S a 0, S a 2 が変調信号 B の符号化ビット S b 0, S b 2 と共に符号化されたものであり、また、変調信号 A の符号化ビット S a 1, S a 3 が変調信号 B の符号化ビット S b 1, S b 3 と共に符号化されている点である。

## 【0313】

マルチアンテナ送信装置 5400 は、信号分離部 5402 に送信デジタル信号 5401 を入力する。信号分離部 5402 は、送信デジタル信号 5401 をデジタル信号 5403 とデジタル信号 5404 の 2 系統に分離し、デジタル信号 5403 を符号化部 5405 に送出すると共にデジタル信号 5404 を符号化部 5412 に送出する。符号化部 5405 は、デジタル信号 5403 を符号化（例えば畳み込み符号化）することにより符号化ビット列 5406 を得、これをインターリーブ部 5407 に送出する。符号化部 5412 は、デジタル信号 5404 を符号化（例えば畳み込み符号化）することにより符号化ビット列 5413 を得、これをインターリーブ部 5415 に送出する。

## 【0314】

インターリーブ部 5407 は、符号化ビット列 5406 に対してインターリーブパターン X のインターリーブを施し、インターリーブ後の符号化ビット列 5408 を分離部 5409 に送出する。分離部 5409 は、インターリーブ後の符号化ビット列 5408 を、符号化ビット S a 0, S a 2 を含む符号化ビット列 5410 と符号化ビット S b 0, S b 2 を含む符号化ビット列 5411 に分離し、符号化ビット列 5410 を変調部 202A に、符号化ビット列 5411 を変調部 202B にそれぞれ送出する。

## 【0315】

インターリーブ部 5415 は、符号化ビット列 5413 に対してインターリーブパターン Y のインターリーブを施し、インターリーブ後の符号化ビット列 5416 を分離部 5417 に送出する。分離部 5417 は、インターリーブ後の符号化ビット列 5416 を、符号化ビット S a 1, S a 3 を含む符号化ビット列 5418 と符号化ビット S b 1, S b 3 を含む符号化ビット列 5419 に分離し、符号化ビット列 5418 を変調部 202A に、符号化ビット列 5419 を変調部 202B にそれぞれ送出する。

## 【0316】

変調部 202A は、符号化ビット S a 0, S a 2 及び符号化ビット S a 1, S a 3 に応じて、図 46 (a) の 16 点のうちのいずれかを割り当て、その信号点を示すベースバンド信号 S 2A を出力する。同様に、変調部 202B は、符号化ビット S b 0, S b 2 及び符号化ビット S b 1, S b 3 に応じて、図 46 (b) の 16 点のうちのいずれかを割り当て、その信号点を示すベースバンド信号 S 2B を出力する。

## 【0317】

ここでインターリーブ部 5407 のインターリーブパターン X とインターリーブ部 5415 のインターリーブパターン Y が異なるものとされている。これにより、受信側で信号点削減を行ったときに誤り率特性の良い受信データを得ることができるようになる。

## 【0318】

インターリーブ部 5407、5415 によるビットインターリーブの一例を図 55 に示す。図 55 は、インターリーブ前と、インターリーブ後のデータの順番を示している。

## 【0319】

図 55 (a) は、インターリーブパターン X のインターリーブ方法を示している。インターリーブ前の順番に対し、データ 1、データ 2、・・・、データ 200 と順番を付ける

。ここでインターリーブ5407が5つのデータおきに順番を並び替える（この処理は、実施の形態11で説明した、図48の符号化ビットSa0, Sa2のインターリーブ処理と同様であるので詳細の説明は省略する）。

#### 【0320】

そして、インターリーブ後に並んだデータを符号化ビットSa0, Sa2及び符号化ビットSb0, Sb2に交互に振り分ける。したがって、符号化ビットSa0, Sa2のデータは、データ1、データ11、・・・、データ185、データ195という順番になり、符号化ビットSb0, Sb2のデータは、データ6、データ16、・・・、データ190、データ200という順番になる。

#### 【0321】

図55(b)は、インターリーブパターンYのインターリーブ方法を示している。インターリーブ前の順番に対し、データ1、データ2、・・・、データ200と順番を付ける。ここでインターリーブ5415は、8つのデータおきに順番を並べ替える（この処理は、実施の形態11で説明した、図48の符号化ビットSa1, Sa3のインターリーブ処理と同様であるので詳細の説明は省略する）。

#### 【0322】

そして、インターリーブ後に並んだデータを符号化ビットSa1, Sa3及び符号化ビットSb1, Sb3に交互に振り分ける。したがって、符号化ビットSa1, Sa3のデータは、データ1、データ17、・・・、データ176、データ192という順番になり、符号化ビットSb0, Sb2のデータは、データ9、データ25、・・・、データ184、データ200という順番になる。

#### 【0323】

次に本実施の形態のマルチアンテナ受信装置の構成及び動作について説明する。マルチアンテナ受信装置の全体構成は図4と同様である。但し、図4の信号処理部404として、図56のような構成の信号処理部5600を設ける。

#### 【0324】

図13との対応部分に同一符号を付して示す図56において、信号処理部5600は、パターンX用のデインターリーブ5601によって、変調信号Aの推定ベースバンド信号504及び変調信号Bの推定ベースバンド信号505の並び替えを行う。デインターリーブ後の推定ベースバンド信号は、軟判定復号部5602に送出される。

#### 【0325】

軟判定復号部5602は、デインターリーブ後の推定ベースバンド信号に対して軟判定復号処理を施すことにより、符号化ビットSa0, Sa2及び符号化ビットSb0, Sb2の情報5603を得、これをパターンX用のインターリーブ5604に送出する。パターンX用のインターリーブ5604は、符号化ビットSa0, Sa2及び符号化ビットSb0, Sb2の情報5603に対してパターンXのインターリーブを施し、インターリーブ後の符号化ビットSa0, Sa2及び符号化ビットSb0, Sb2の情報5605を信号点削減部1301、1302に送出する。

#### 【0326】

次に動作する信号点削減部1301、1302の処理について、図50を用いて説明する。

#### 【0327】

図50(a)は、信号点削減前の候補信号点を示しており（○：候補信号点）、候補信号点は本実施の形態では、8ビットを伝送しているため、256個の候補信号点が存在することになる。そして、インターリーブ後の符号化ビットSa0, Sa2及び符号化ビットSb0, Sb2の情報5605から、4ビットが決定しているため、信号点削減部1301、1302は、図50(b)のように、256個の候補信号点を16個の候補信号点に削減する。

#### 【0328】

そして、尤度判定部5606は、図50(b)のように16個の候補信号点と受信ペー

スバンド信号(■)とのユークリッド距離の2乗を求め、ブランチメトリックを求める。ブランチメトリックは、各アンテナについて求められるため、2系統求められることになるが、尤度判定部5606は、各アンテナで求められたブランチメトリックの和を求め、そのブランチメトリックを基に符号化ビット $S_{a1}$ 、 $S_{a3}$ 及び符号化ビット $S_{b1}$ 、 $S_{b3}$ を決定し、これをパターンY用のデインターリーブ5607に出力する。

#### 【0329】

パターンY用のデインターリーブ5607は、符号化ビット $S_{a1}$ 、 $S_{a3}$ 及び符号化ビット $S_{b1}$ 、 $S_{b3}$ の情報の順番を並び替え、デインターリーブ後の符号化ビット $S_{a1}$ 、 $S_{a3}$ 及び符号化ビット $S_{b1}$ 、 $S_{b3}$ の情報を復号部5608に送出する。復号部5608は、デインターリーブ後の符号化ビット $S_{a1}$ 、 $S_{a3}$ 及び符号化ビット $S_{b1}$ 、 $S_{b3}$ の情報を、例えば硬判定復号することにより、誤り訂正後の符号化ビット $S_{a1}$ 、 $S_{a3}$ 及び符号化ビット $S_{b1}$ 、 $S_{b3}$ の情報5609を出力する。

#### 【0330】

以上により、符号化ビット $S_{a0}$ から符号化ビット $S_{a3}$ が得られ、符号化ビット $S_{b0}$ から符号化ビット $S_{b3}$ が得られることになる。このとき、信号点削減を行っているために、従来であればアンテナごとに256回のユークリッド距離を求める演算が必要であったところを、16回の演算で済ませることができるので、演算規模の削減を図ることができる。

#### 【0331】

以降では、さらなる受信品質改善のために、反復復号を適用する方法、及び、インターリーブパターンを上述のように異なるようにした理由について詳しく説明する。

#### 【0332】

まず、反復復号の適用方法について詳しく説明する。パターンYのインターリーブ5610は、上記のように得られた誤り訂正後の符号化ビット $S_{a1}$ 、 $S_{a3}$ 及び符号化ビット $S_{b1}$ 、 $S_{b3}$ の情報5609に対してパターンXのインターリーブを施し、インターリーブ後の符号化ビット $S_{a1}$ 、 $S_{a3}$ 及び符号化ビット $S_{b1}$ 、 $S_{b3}$ の情報5611を信号点削減部1303、1304に送出する。

#### 【0333】

信号点削減部1303、1304は、インターリーブ後の符号化ビット $S_{a1}$ 、 $S_{a3}$ 及びインターリーブ後の符号化ビット $S_{b1}$ 、 $S_{b3}$ 情報5611を入力とし、図50のように256個の候補信号点を、インターリーブ後の符号化ビット $S_{a1}$ 、 $S_{a3}$ 及び符号化ビット $S_{b1}$ 、 $S_{b3}$ によって決定されている4ビットを用いて、16個の候補信号点到に削減する。

#### 【0334】

そして、尤度判定部5612は、図50(b)のように16個の候補信号点と受信ベースバンド信号(■)とのユークリッド距離の2乗を求め、ブランチメトリックを求める。ブランチメトリックは、各アンテナについて求められるため、2系統求められることになるが、尤度判定部5612は、各アンテナで求められたブランチメトリックの和を求め、そのブランチメトリックを基に符号化ビット $S_{a0}$ 、 $S_{a2}$ 、 $S_{b0}$ 、 $S_{b2}$ を決定し、符号化ビット $S_{a0}$ 、 $S_{a2}$ 、 $S_{b0}$ 、 $S_{b2}$ の情報をパターンX用のデインターリーブ5613に送出する。

#### 【0335】

パターンX用のデインターリーブ5613は、符号化ビット $S_{a0}$ 、 $S_{a2}$ 及び符号化ビット $S_{b0}$ 、 $S_{b2}$ の情報の順番を並び替えることにより、デインターリーブ後の符号化ビット $S_{a0}$ 、 $S_{a2}$ 及び符号化ビット $S_{b0}$ 、 $S_{b2}$ の情報を得、これを復号部5614に送出する。復号部5614は、デインターリーブ後の符号化ビット $S_{a0}$ 、 $S_{a2}$ 及び符号化ビット $S_{b0}$ 、 $S_{b2}$ の情報5615を、例えば硬判定復号することにより、誤り訂正後の符号化ビット $S_{a0}$ 、 $S_{a2}$ 及び $S_{b0}$ 、 $S_{b2}$ の情報5615を出力する。

#### 【0336】

以上により、受信品質（誤り率特性）が向上した符号化ビットS a 0、S a 2、S b 0、S b 2の情報5609、5615が得られることになる。

**【0337】**

さらに、インターリーブ5616は、誤り訂正後の符号化ビットS a 0、S a 2及び符号化ビットS b 0、S b 2の情報5615を入力とし、インターリーブ後の符号化ビットS a 0、S a 2及び符号化ビットS b 0、S b 2の情報を信号点削減部1301、1302に送出する。

**【0338】**

そして、上述した動作を、信号点削減部1301、1302、尤度判定部5606、デインターリーブ5607、復号部5608において行うことで、受信品質の向上した符号化ビットS a 1、S a 3、S b 1、S b 3の情報5609、5615が得られる。

**【0339】**

以上の操作を複数回行うことで、受信品質を向上させることができる。これらの処理のフローチャートを図51に示す。

**【0340】**

はじめに、変調信号Aの符号化ビットS a 0、S a 2及び変調信号Bの符号化ビットS b 0、S b 2を復号する（ST21A）。次に、得られた符号化ビットS a 0、S a 2、S b 0、S b 2の情報を基に信号点削減を行い（ST21B）、符号化ビットS a 1、S a 3及び符号化ビットS b 1、S b 3を復号する（ST22B）。次に、得られた符号化ビットS a 1、S a 3、S b 1、S b 3の情報を基に信号点削減を行い（ST22A）、符号化ビットS a 0、S a 2及び符号化ビットS b 0、S b 2を復号する（ST23A）。以下同様の処理を繰り返す。

**【0341】**

本実施の形態においては、インターリーブのインターリーブパターンを異なるようにした（パターンXとパターンYは異なる）ことが、受信品質向上のためには重要となる。以下では、その理由について詳しく説明する。

**【0342】**

図57は、パターンX（符号化ビットS a 0、S a 2、S b 0、S b 2用のインターリーブパターン）とパターンY（符号化ビットS a 1、S a 3、S b 1、S b 3用のインターリーブパターン）が同一パターンのときの受信状態の一例を示している。

**【0343】**

このようなインターリーブパターンのもと、図56の軟判定部5602において、符号化ビットS a 0、S a 2、S b 0、S b 2の復号を行った結果、誤って判定されたシンボルが図57（A）のように連続して発生したと仮定する。困みに、畳み込み符号などを用いたときには、連続して誤りが発生するのが一般的である。すると、信号点数削減部1301、1302において、信号点数の削減を行った際、図57（B）のように、信号点削減による信号点選択に連続して誤りが生じることになる。この結果、復号部5608によって符号化ビットS a 1、S a 3及び符号化ビットS b 1、S b 3の復号を行っても、受信品質（誤り率特性）が効果的に向上しない。これは、誤り訂正符号は、連続的な誤りを訂正する能力が低いためである。

**【0344】**

図58に、本実施の形態のように、パターンX（符号化ビットS a 0、S a 2、S b 0、S b 2用のインターリーブパターン）とパターンY（符号化ビットS a 1、S a 3、S b 1、S b 3用のインターリーブパターン）を異なるようにしたときの受信状態の一例を示す。

**【0345】**

このようなインターリーブパターンのもと、図56の軟判定部5602において、符号化ビットS a 0、S a 2、S b 0、S b 2の復号を行った結果、誤った判定を行ったシンボルが図58（A）のように連続的に発生したと仮定する。すると、信号点数削減部1301、1302において、信号点数の削減を行った際、図57（B）と異なり、インター

リーブパターンXとインターリーブパターンYが異なるため、デインターリーブにより、図58(B)のように、信号点削減による信号点選択の誤りは、離散的に生じることになる。すなわち、信号点削減による信号点選択の誤りは、図58(B)のように連続して発生しない。これにより、復号部5608によって符号化ビットSa1, Sa3及び符号化ビットSb1, Sb3を復号すると、効果的に誤り率特性が向上する。これは、誤り訂正符号は、離散的な誤りを訂正する能力が高いためである。

#### 【0346】

かくして本実施の形態によれば、各アンテナから送信する変調信号のビットインターリーブパターンを異なるものとしたことにより、受信側での復号の際、バーストエラーの影響を軽減して、誤り率特性の良い受信データを得ることができるマルチアンテナ送信装置を実現できる。また本実施の形態によれば、実施の形態11と比較して、符号化部の数を少なくすることができるので、演算量削減につながり、回路規模を小さくすることができる。

#### 【0347】

なお上述した実施の形態では、スペクトル拡散通信方式に適用した例を説明したがこれに限ったものではなく、例えばスペクトル拡散通信方式でないシングルキャリア方式やOFDM方式に適用することもできる。OFDM方式に適用した場合、符号化する方法は、図58のように時間軸に方向に符号化する方法も可能であるし、また図58の横軸を周波数軸と考え、周波数軸に符号化することも可能である。加えて、時間軸と周波数軸の両方向に符号化することも可能である。加えて、時間軸と周波数軸の両方向に符号化することも可能である。

#### 【0348】

このとき、実施の形態7で説明したように、インターリーブパターンXは周波数の高いサブキャリアから低いサブキャリアへとデータを並び替えて配置するパターンにし、インターリーブパターンYは周波数の低いサブキャリアから高いサブキャリアへとデータを並び替えて配置するパターンにすると、有効に誤り率特性を向上させることができ、さらに回路構成も簡単化することができる。

#### 【0349】

さらに、インターリーブの方法は、本実施の形態で説明した図は一例でありこれに限ったものではない。理想的には、ランダムインターリーブが適している。

#### 【0350】

また上述した実施の形態では、インターリーブによってインターリーブを行う場合について述べたが、例えばOFDM方式に適用する場合には、各サブキャリアへのマッピング処理によってインターリーブを行うようにしてもよい。このようにすれば、インターリーブを省略することができる。

#### 【0351】

##### (実施の形態13)

実施の形態6では、各アンテナから送信する変調信号のインターリーブパターンを各変調信号間で異なるようにしたマルチアンテナ送信装置を提案したが、本実施の形態では、インターリーブとしてビットインターリーブを適用したとき具体的な装置例について述べる。つまり、本実施の形態は、基本的には、ビットインターリーブ処理を行う点で、実施の形態11や実施の形態12と同様であるが、実施の形態6の基本構成にそのままビットインターリーブを適用する例を説明するものである。

#### 【0352】

図46に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置によって送信する変調信号Aと変調信号BのI-Q平面における信号点配置例を示す。

#### 【0353】

本実施の形態におけるマルチアンテナ送信装置の基本構成は、実施の形態6で説明した、図23と同様であり、その動作は実施の形態6と同様である。

#### 【0354】



図23のような構成を採った場合の、インターリーブ2301A、2301Bによるビットインターリーブの方法について図59を用いて詳しく説明する。因みに、インターリーブ2301Aは、図59(a)のインターリーブパターンXを用いてインターリーブ処理を行い、インターリーブ2301Bは、図59(b)のインターリーブパターンYを用いてインターリーブ処理を行う。

#### 【0355】

図59は、インターリーブ前、インターリーブ後、分離後のデータの順番の一例を示している。図59(a)は、インターリーブパターンXのインターリーブ方法を示している。インターリーブ前の順番に対し、データ1、データ2、・・・、データ200と順番を付ける。インターリーブにより、5つデータおきに順番を並び替える（この処理は、実施の形態11で説明した、図48の符号化ビットSa0, Sa2のインターリーブ処理と同様であるので詳細の説明は省略する。）。

#### 【0356】

そして、インターリーブ後に並んだデータを符号化ビットSa0, Sa2及び符号化ビットSa1, Sa3に交互に振り分ける。したがって、符号化ビットSa0, Sa2のデータは、データ1、データ11、・・・、データ185、データ195という順番になり、符号化ビットSa1, Sa3のデータは、データ6、データ16、・・・、データ190、データ200という順番になる。

#### 【0357】

図59(b)は、インターリーブパターンYのインターリーブ方法を示している。インターリーブ前の順番に対し、データ1、データ2、・・・、データ200と順番を付ける。インターリーブにより、8つのデータおきに順番を並べ替える（この処理は、実施の形態11で説明した、図48の符号化ビットSa1, Sa3のインターリーブ処理と同様であるので詳細の説明は省略する）。

#### 【0358】

そして、インターリーブ後に並んだデータを符号化ビットSb0, Sb2及び符号化ビットSb1, Sb3に交互に振り分ける。したがって、符号化ビットSb0, Sb2のデータは、データ1、データ17、・・・、データ176、データ192という順番になり、符号化ビットSb1, Sb3のデータは、データ9、データ25、・・・、データ184、データ200という順番になる。

#### 【0359】

図23の各変調部202A、202Bは、以上のようにビットインターリーブされた符号化ビットに応じて、図46(a)、(b)の16点のうちのいずれかを割り当てることで変調を行う。

#### 【0360】

次に、このようにビットインターリーブ処理された複数の変調信号A、Bを受信するマルチアンテナ受信装置の構成について説明する。マルチアンテナ受信装置の構成（信号処理部の構成）の一つとして、実施の形態6で説明した図24の構成が考えられ、その動作は、各デインターリーバ及びインターリーバでビットデインターリーブ処理及びインターリーブ処理を行う以外は、実施の形態6と同様である。

#### 【0361】

この実施の形態では、図24とは異なる構成として、図60のような構成例について説明する。図24との対応部分に同一符号を付して示す図60において、信号処理部600の最尤判定部6001は、チャネル推定値h11、h21、h12、h22、ベースバンド信号R1-2、R2-2を入力とし、最尤判定を行うことで、符号化ビットSa0, Sa1, Sa2, Sa3の情報6004を得てこれをデインターリーバ2401Aに送出すると共に符号化ビットSb0, Sb1, Sb2, Sb3の情報6005を得てこれをデインターリーバ2401Bに送出する。

#### 【0362】

デインターリーバ2401A、2401Bによってデインターリーブされた符号化ビッ

ト Sa0, Sa1, Sa2, Sa3 の情報 6004、符号化ビット Sb0, Sb1, Sb2, Sb3 の情報 6005 は、それぞれ、硬判定復号部 6002、6003 によって硬判定復号されて出力される。他の部分については、実施の形態 6 と同様に動作する。

#### 【0363】

そして信号処理部 6000 においては、変調信号 A のビットインターリーブパターン X と変調信号 B のビットインターリーブパターン Y が異なるものとされているので、実施の形態 11 や実施の形態 12 で説明したのと同様の理由により、誤り率特性の良い受信データ RA、RB を得ることができる。

#### 【0364】

かくして本実施の形態によれば、各アンテナから送信する変調信号のインターリーブパターンを各変調信号で異なるようにするにあたって、各変調信号のビットインターリーブパターンを異なるようにしたことにより、受信側での復号の際、バーストエラーの影響を軽減して、誤り率特性の良い受信データを得ることができるマルチアンテナ送信装置及びマルチアンテナ受信装置を実現できる。

#### 【0365】

なお本実施の形態で説明した信号処理部 6000 の構成は、例えば実施の形態 6 などの実施の形態においても適用することができる。つまり、最尤判定を仮判定に用いることができる。

#### 【0366】

また本実施の形態では、各変調信号のビットインターリーブパターンを異なるものとするマルチアンテナ送信装置の構成として、図 23 のマルチアンテナ送信装置 2300 及び図 59 のビットインターリーブパターンを用いて説明したが、マルチアンテナ装置の全体構成やビットインターリーブパターンは図 23 や図 59 に示したものに限らない。特、ビットインターリーブパターンは種々のものを適用でき、要は、各変調信号のビットインターリーブパターンを異なるものとするればよい。

#### 【0367】

図 23 のマルチアンテナ送信装置 2300 の構成と異なる構成例として、例えば図 61 のような構成が考えられる。図 23 との対応部分に同一符号を付して示す図 61 において、マルチアンテナ送信装置 6100 の最も特徴的な点は、“符号化ビット Sa0, Sa2 のためのインターリーブパターン（インターリーブ 4708）と符号化ビット Sa1, Sa3 のためのインターリーブパターン（インターリーブ 6101）が同一であり、かつ、符号化ビット Sb0, Sb2 のためのインターリーブパターン（インターリーブ 4719）と符号化ビット Sb1, Sb3 のためのインターリーブパターン（インターリーブ 6102）が同一である” という点である。これにより、受信装置において、誤り訂正能力が向上し、受信品質が向上することになる。また、ビットインターリーブのパターンを全て異なるようにしてもよいが、受信品質の劣化を招くのは、実施の形態 11 で説明したとおりである。

#### 【0368】

さらに、インターリーブの方法は、本実施の形態で説明した図は一例でありこれに限ったものではない。理想的には、ランダムインターリーブが適している。

#### 【0369】

（実施の形態 14）

この実施の形態では、LDPC（Low Density Parity Check）を適用したときに、上述したインターリーブパターンを簡易な構成で設定することができるマルチアンテナ送信装置を提案する。換言すれば、上述したインターリーブパターンの変調信号を形成するにあたって、LDPC を有効活用する方法を提案する。

#### 【0370】

上述した実施の形態 6、7、11、12、13 では、基本的には、図 23 のように、インターリーブ 2301A とインターリーブ 2301B のインターリーブパターンを異なるようにすることで、変調信号間でのインターリーブパターンを異なるようにした。この実

施の形態では、LDPCを適用したとき、インターリーブ2301A、2301Bを、異なる生成行列 $G_i$ （検査行列 $H_i$ ）を持つLDPC符号器に置き換えることを提案する。これにより、異なるインターリーブを設けてインターリーブパターンを異なるようにしたときと同様の効果を得ることができるようになる。

#### 【0371】

図2との対応部分に同一符号を付して示す図62に、本実施の形態のマルチアンテナ送信装置の構成を示す。マルチアンテナ送信装置6200は、図2のマルチアンテナ送信装置110と比較して、符号化部201A、201Bに換えてLDPC符号器6201A、6201Bが設けられている。

#### 【0372】

変調信号A用のLDPC符号器6201Aは、生成行列 $G_a$ 、検査行列 $H_a$ で表され、送信データTAを入力とし、符号化されたデータS1Aを出力する。変調信号B用のLDPC符号器6201Bは、生成行列 $G_b$ 、検査行列 $H_b$ で表され、送信データTBを入力とし、符号化されたデータS1Bを出力する。

#### 【0373】

この実施の形態の特徴は、変調信号A用のLDPC符号器6201Aの生成行列 $G_a$ と変調信号B用のLDPC符号器6201Bの生成行列 $G$ を異なるようにしたことである。その理由について以下で説明する。

#### 【0374】

LDPCは、非常に疎な検査行列により定義される線形符号であり、その特徴の一つは、様々な符号長、符号化率の符号を容易に構成できる柔軟性を持つことである。同様に、同一の符号長、符号化率の符号を複数種類構成することも容易である。その他多くの誤り訂正符号では、符号の種類によって構成可能なパラメータが限られる。

#### 【0375】

ターボ符号や畳み込み符号の復号では、全てのビットは尤度情報を更新するために隣接するビットの情報を利用する。したがって、フェージング環境などの記憶のある通信路(channel with memory)を扱う際には、隣接するビット間の相関のあるノイズを擬似的に白色化するためにインターリーブが利用される。このため、本発明では、ストリーム毎に異なるインターリーブパターンを適用する送信機構成を採るようにした。

#### 【0376】

しかし、LDPCの復号では、あるビット $n$ がそのビットに関係するパリティチェック、つまり検査 $m$ 、により更新する場合、検査 $m$ に関わるいくつかのビットからの情報のみを利用する。LDPC符号の検査行列 $H$ は一般にランダムに構成されるため、更新に利用する情報ビットが隣接する確率はきわめて小さい。よってビット $n$ が深いフェード中にあったとしても、ビット $n$ に関係する他のビットが、同様に深いフェード中にある確率は低く、それらのビットはビット $n$ に対して、より信頼性の高い情報を提供する。

#### 【0377】

つまり、LDPCの検査行列 $H$ にインターリーブ機能が本質的に備わっていることを意味しており、原理的に検査行列 $H$ の設計において、行列 $H$ の全ての非零要素をインターリーブ利得が最大になるように配置することが可能である。

#### 【0378】

この結果は、J. Hou, P. Siegel, and L. Milstein, "Performance Analysis and Code Optimization for Low Density Parity-Check Codes on Rayleigh Fading Channels" IEEE JSAC, Vol. 19, No. 5, May, 2001 でも示されている。

#### 【0379】

次に、LDPCの符号化について説明する。LDPCは、線形符号の一種であるので、生成行列 $G_a$ 、 $G_b$ を情報ベクトル $(m_1, m_2, \dots, m_k)$ 、 $(n_1, n_2, \dots, n_k)$ に乗ずることにより得ることができる。すなわち、あらかじめ設計された検査行列 $H_a$ および $H_b$ に対応する生成行列 $G_a$ 、 $G_b$ を求めておき（生成行列 $G_a$ 、 $G_b$ は $G_a H_a^T = 0$ および $G_b H_b^T = 0$ を満たす）、 $c = m G_a$ あるいは $d = n G_b$ として符号語 $c$

およびdを得ることができる。

#### 【0380】

次に、LDPCの復号化について説明する。本実施の形態におけるマルチアンテナ受信装置の全体構成は、例えば図4に示すようにすればよい。そして図4の信号処理部404を、例えば図63のように構成すればよい。

#### 【0381】

図13との対応部分に同一符号を付して示す図63において、信号処理部6300は、図13の信号処理部1300の軟判定部503、506、512、518を、LDPC用の復号方法である確率領域sum-product復号部6301、6302、6303、6304に置き換えた構成でなる。

#### 【0382】

LDPCを利用した場合、デインターリーブとビタビ復号回路（畳み込み符号適用時）の組み合わせの代わりに、例えば、LDPCを利用した場合の代表的な復号方法である、確率領域sum-product復号法(probability domain sum-product decoding algorithm)やハードウェア、ソフトウェアへの実装に向いている対数領域sum-product復号法(log domain sum-product decoding algorithm)などを利用することができる。

#### 【0383】

変調信号Aのsum-product復号器6301、6303は、送信側で用いた検査行列Haに対応した復号を行う。また変調信号Bのsum-product復号器6302、6304は、送信側で用いた検査行列Hbに対応した復号を行う。誤り訂正処理された変調信号A、Bの受信デジタル信号は、再び送信時と同じ生成行列GaおよびGbのLDPCを用いて、再符号化および変調され、信号点削減が行われる。

#### 【0384】

詳細の動作は、LDPC以外で説明した動作と同様であり、LDPCに関わる部分の動作のみが異なるだけで、他は上述した実施の形態と同様の動作をする。

#### 【0385】

かくして本実施の形態によれば、各ストリームに異なる生成行列G<sub>i</sub>（検査行列H<sub>i</sub>）を持つLDPCを適用する構成を採り、その生成行列によってインターリーブ処理と同等の処理を行うようにしたことにより、図23に示すように、各ストリームに異なるインターリーブパターンを備えたインターリーブと、ターボ符号や畳み込み符号などLDPCとは異なる誤り訂正符号器とを用いた構成を採る場合と同様の効果を得ることができる。さらに、LDPC符号はインターリーブ機能そのものを含むため、回路規模を削減することができる。

#### 【0386】

（他の実施の形態）

なお上述した実施の形態では、軟判定を行うことによりデジタル信号を得る場合について述べたが、本発明はこれに限らず、硬判定を得ることによりデジタル信号を得る場合についても適用でき、この場合でも少ない演算回数で誤り率特性の良い受信データを得ることができる。

#### 【0387】

また上述した実施の形態では、分離部501や、軟判定部503、506、1101で仮判定した判定値全てを信号点削減処理に用いるようにした場合について述べたが、一部の仮判定値はそのまま最終的な受信データとして用いるようにしてもよい。例えばそれほど高い受信品質が求められないデータなどは、軟判定部512、518による主判定を行わずにそのまま出力することが考えられる。

#### 【0388】

さらに上述した実施の形態では、主にスペクトル拡散通信方式を例に説明したが、これに限ったものではなく、例えば、拡散部を有しないシングルキャリア方式、OFDM方式においても同様に実施することができる。シングルキャリア方式の場合、拡散部、逆拡散

部を有しない構成となる。マルチキャリア方式とスペクトル拡散通信方式を併用した場合（例えばOFDM-CDMA方式）についても同様に実施することができる。

【産業上の利用可能性】

【0389】

本発明は、OFDM-MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 技術等を用いて高速データ通信を図ったマルチアンテナ通信システムに適用して好適である。

【図面の簡単な説明】

【0390】

【図1】 マルチアンテナ通信システムの概略構成を示す図

【図2】 マルチアンテナ送信装置の構成を示すブロック図

【図3】 ベースバンド信号のフレーム構成例を示す図

【図4】 マルチアンテナ受信装置の全体構成を示すブロック図

【図5】 実施の形態1によるマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成を示すブロック図

【図6】 軟判定部503 (506) の構成を示すブロック図

【図7】 軟判定部503 (506) での処理の説明に供する図

【図8】 多重化された変調信号Aと変調信号Bの候補信号点と受信点を示す図

【図9】 変調信号Aについての削減された候補信号点と受信点とを示す図

【図10】 変調信号Bについての削減された候補信号点と受信点とを示す図

【図11】 実施の形態1のマルチアンテナ受信装置に用いる信号処理部の他の構成例を示すブロック図

【図12】 実施の形態2によるマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成を示すブロック図

【図13】 実施の形態3によるマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成を示すブロック図

【図14】 実施の形態3によるイタレーション動作の説明に供する図

【図15】 実施の形態3での復号手順のイメージを示す図

【図16】 実施の形態3のマルチアンテナ受信装置のシミュレーション結果を示す特性曲線図

【図17】 実施の形態3のマルチアンテナ受信装置に用いる信号処理部の他の構成例を示すブロック図

【図18】 実施の形態4によるマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成を示すブロック図

【図19】 実施の形態4によるイタレーション動作の説明に供する図

【図20】 実施の形態4のマルチアンテナ受信装置のシミュレーション結果を示す特性曲線図

【図21】 実施の形態5での各変調信号の信号点配置例を示す図

【図22】 QPSKと16QAMの受信品質を示す特性曲線図

【図23】 実施の形態6のマルチアンテナ送信装置の構成を示すブロック図

【図24】 デインターリーブの処理の説明に供するブロック図

【図25】 変調信号Aと変調信号Bのインターリーブパターンが同一の場合のシンボルの状態の一例を示す図

【図26】 実施の形態6の方法を適用して、変調信号Aのためのインターリーブパターンと、変調信号Bのためのインターリーブパターンを異なるようにした場合のシンボルの状態の一例を示す図

【図27】 変調信号間でインターリーブパターンを異なるようにした場合と、同一にした場合の受信特性を示す図

【図28】 実施の形態7のマルチアンテナ送信装置の構成を示すブロック図

【図29】 実施の形態7の各変調信号のフレーム構成例を示す図

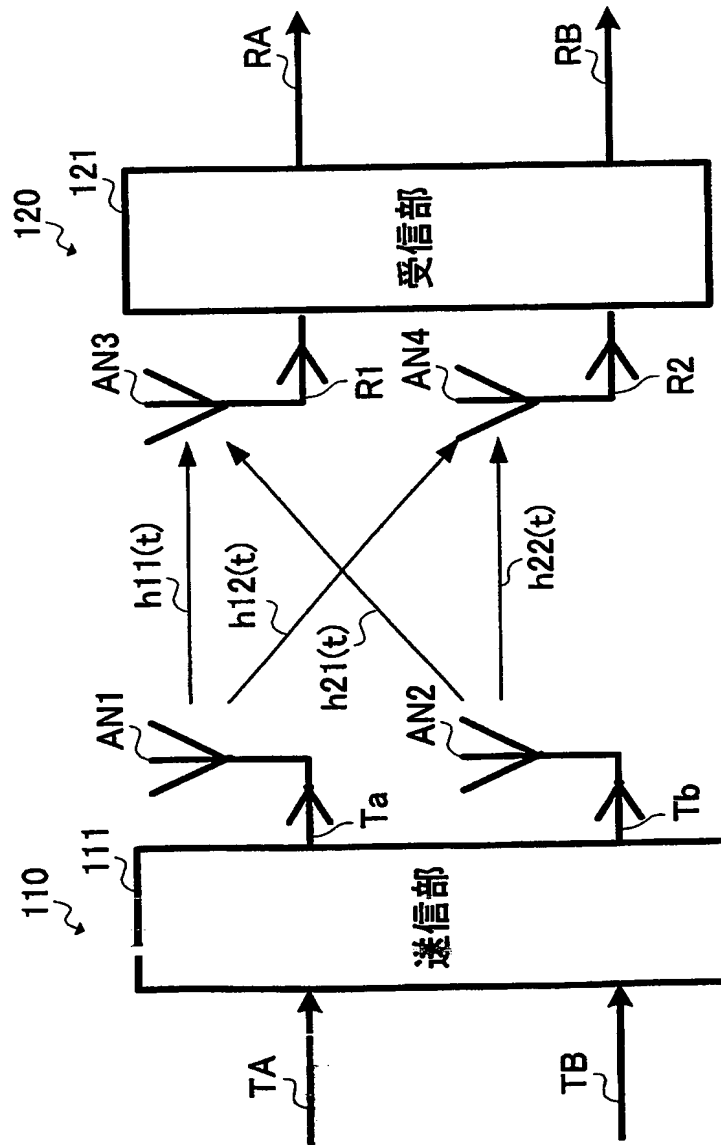
【図30】 実施の形態7のマルチアンテナ送信装置の他の構成を示すブロック図

- 【図 3 1】 実施の形態 7 のマルチアンテナ受信装置の構成を示すブロック図
- 【図 3 2】 実施の形態 8 の原理の説明に供する図
- 【図 3 3】 STBC シンボルを挿入する場合のフレーム構成例を示す図
- 【図 3 4】 STBC の送受信の説明に供する図
- 【図 3 5】 STBC シンボルを挿入するための構成例を示すブロック図
- 【図 3 6】 実施の形態 9 のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成例を示すブロック図
- 【図 3 7】 実施の形態 9 のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成例を示すブロック図
- 【図 3 8】 STBC シンボルを挿入したときの受信状態例を示す図
- 【図 3 9】 特殊シンボルのフレーム構成例を示す図
- 【図 4 0】 特殊シンボルのフレーム構成例を示す図
- 【図 4 1】 STBC シンボルを挿入するための構成例を示すブロック図
- 【図 4 2】 特殊シンボルを挿入したときの受信状態例を示す図
- 【図 4 3】 符号化シンボルブロックとインターリーブ後の符号化シンボルブロックを示す図
- 【図 4 4】 実施の形態 10 の動作の説明に供する図
- 【図 4 5】 実施の形態 10 のマルチアンテナ送信装置の構成を示すブロック図
- 【図 4 6】 各変調信号の信号点配置の説明に供する図
- 【図 4 7】 実施の形態 11 のマルチアンテナ送信装置の構成を示すブロック図
- 【図 4 8】 実施の形態 11 のビットインターリーブ処理の説明に供する図
- 【図 4 9】 実施の形態 11 のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成例を示すブロック図
- 【図 5 0】 信号点削減部による信号点削減処理の説明に供する図
- 【図 5 1】 実施の形態 11 での復号手順のイメージを示す図
- 【図 5 2】 変調信号間でビットインターリーブパターンを同一にした場合の信号点選択の様子を示す図
- 【図 5 3】 実施の形態 11 のビットインターリーブパターンを用いた場合の信号点選択の様子を示す図
- 【図 5 4】 実施の形態 12 のマルチアンテナ送信装置の構成を示すブロック図
- 【図 5 5】 実施の形態 12 のビットインターリーブ処理の説明に供する図
- 【図 5 6】 実施の形態 12 のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成例を示すブロック図
- 【図 5 7】 変調信号間でビットインターリーブパターンを同一にした場合の信号点選択の様子を示す図
- 【図 5 8】 実施の形態 12 のビットインターリーブパターンを用いた場合の信号点選択の様子を示す図
- 【図 5 9】 実施の形態 13 のビットインターリーブ処理の説明に供する図
- 【図 6 0】 実施の形態 13 のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成例を示すブロック図
- 【図 6 1】 実施の形態 13 のマルチアンテナ送信装置の構成例を示すブロック図
- 【図 6 2】 実施の形態 14 のマルチアンテナ送信装置の構成を示すブロック図
- 【図 6 3】 実施の形態 14 のマルチアンテナ受信装置の信号処理部の構成例を示すブロック図
- 【図 6 4】 一般的なマルチアンテナ通信システムの概略構成を示す図
- 【図 6 5】 従来のマルチアンテナ通信システムの構成を示すブロック図
- 【図 6 6】 時空間ブロック符号の説明に供する図
- 【符号の説明】
- 【0391】
- 100 マルチアンテナ通信システム

110、2300、2700、2900、4500、4700、5400、6100、  
6200 マルチアンテナ送信装置  
120、3000 マルチアンテナ受信装置  
201A、201B、4704、4706、4715、4717 符号化部  
202A、202B 変調部  
203A、203B 拡散部  
403-1A、403-1B、403-2A、403-2B チャネル変動推定部  
404、1100、1200、1300、1700、1800、3002、3600、  
3700、4900、5600、6000、6300 信号処理部  
501 分離部  
503、506、512、518、1101、1705 軟判定部  
504、507、1102、1103、1706、1707 判定値  
508、510、514、516、1201、1202、1301~1304、170  
1~1704、1801~1804 信号点削減部  
509、511、515、517 信号点情報  
701、800 受信点  
2301A、2301B、4708、4710、4719、4721 インターリーバ  
2702A、2702B 逆フーリエ変換部 (idft)  
3303、3305、3309、3311、3501、3502 STBCシンボル  
3601、3602 特殊シンボル  
4701、4712 信号分離部  
6201A、6201B LDPC符号器  
6301、6302、6303、6304 確率領域 Sum-product 復号部  
AN1~AN4 アンテナ  
TA、TB 送信デジタル信号  
Ta、Tb 変調信号  
h11、h12、h21、h22 チャネル変動推定値  
R1-2、R2-2 ベースバンド信号  
RA、RB 受信データ

【書類名】 図面  
【図 1】

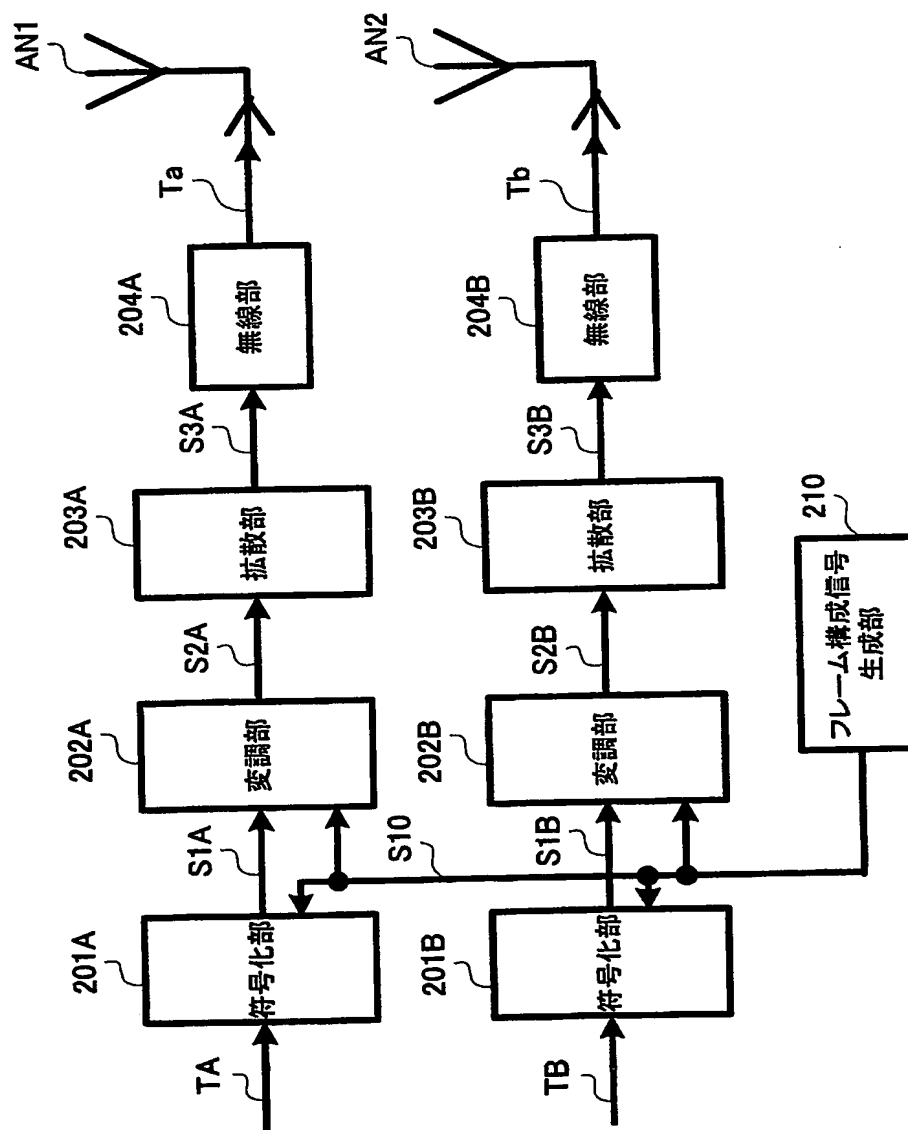
100 マルチアンテナ通信システム



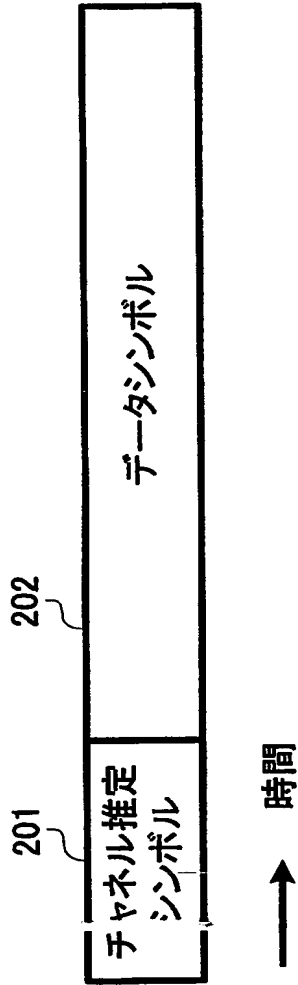


【図 2】

110 マルチアンテナ送信装置

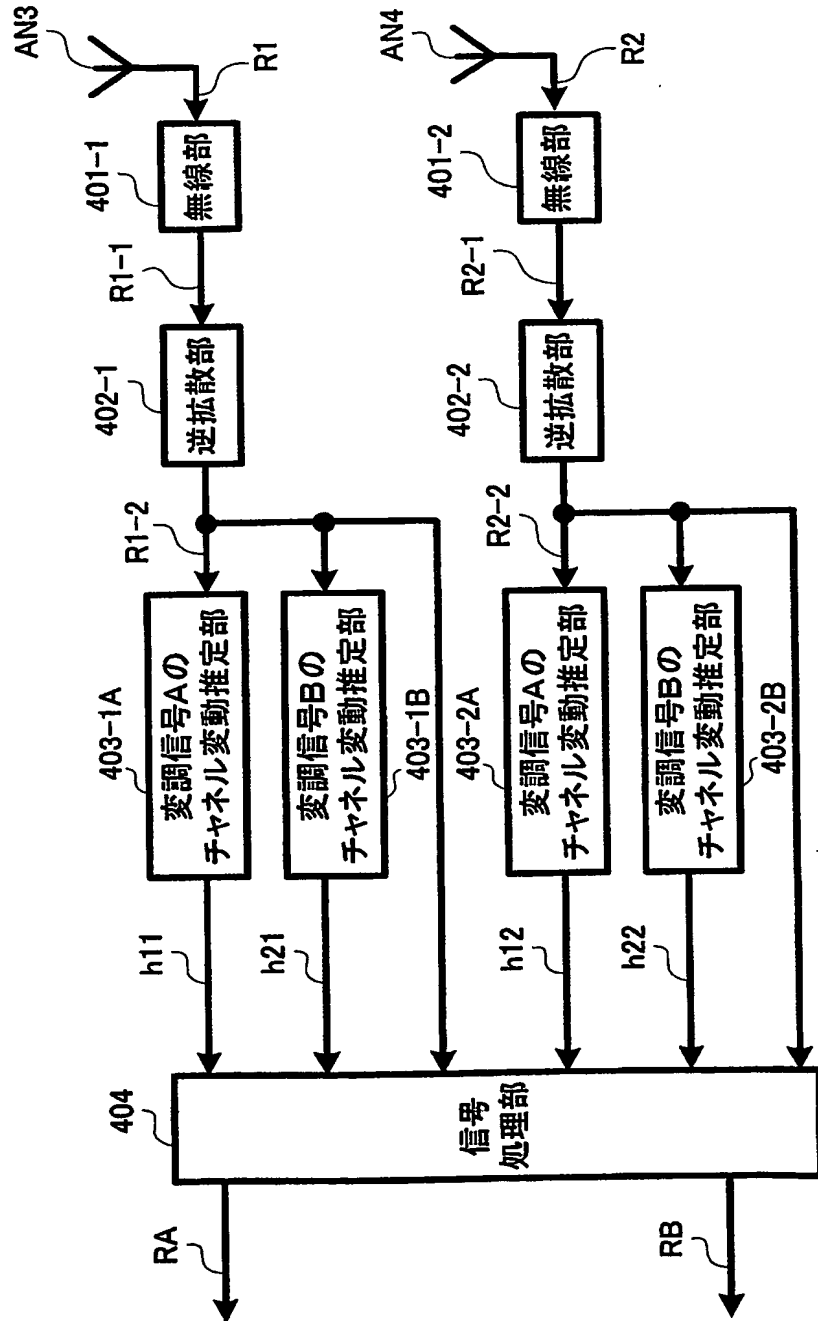


【図 3】

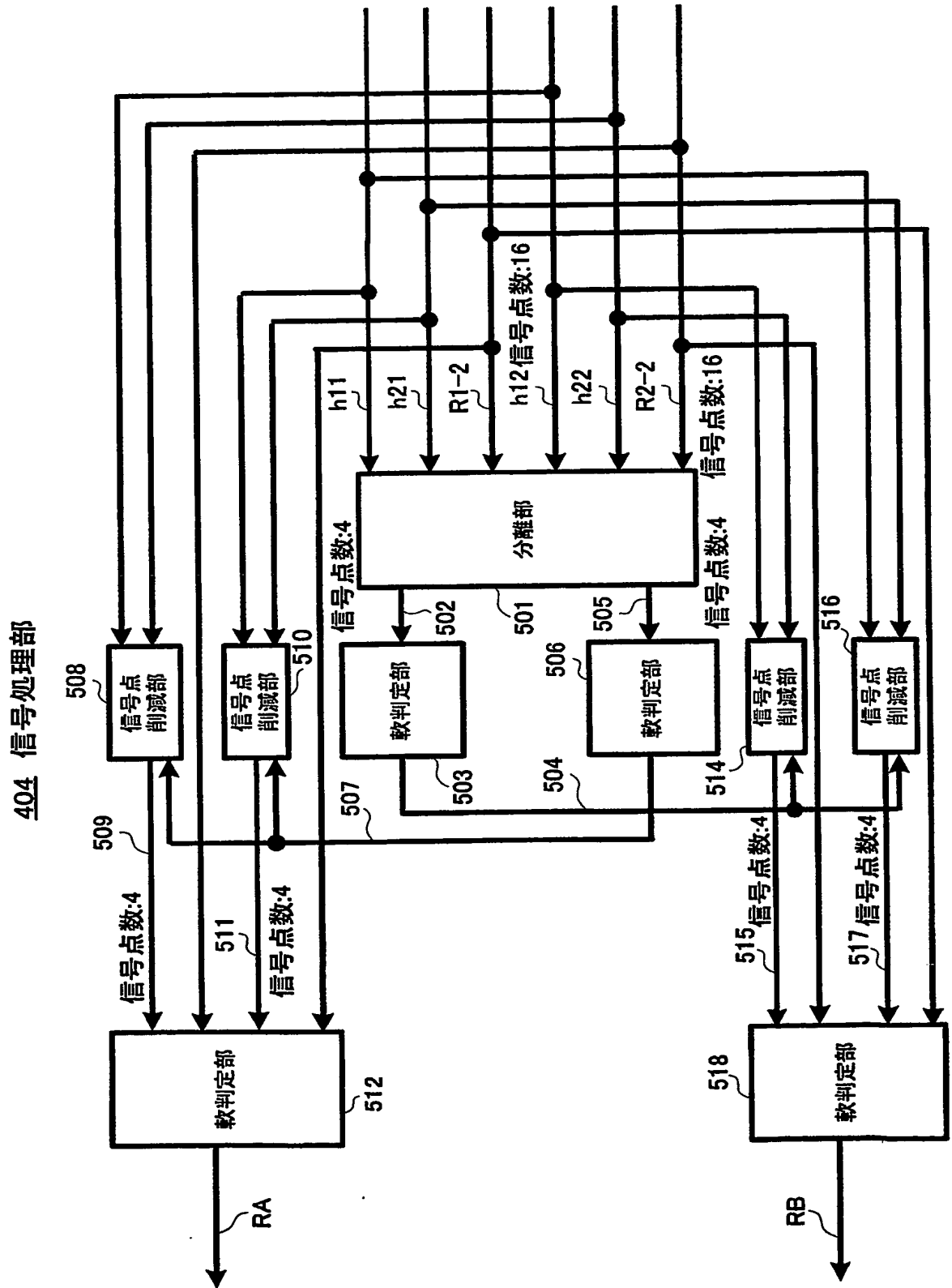


【図 4】

120 マルチアンテナ受信装置

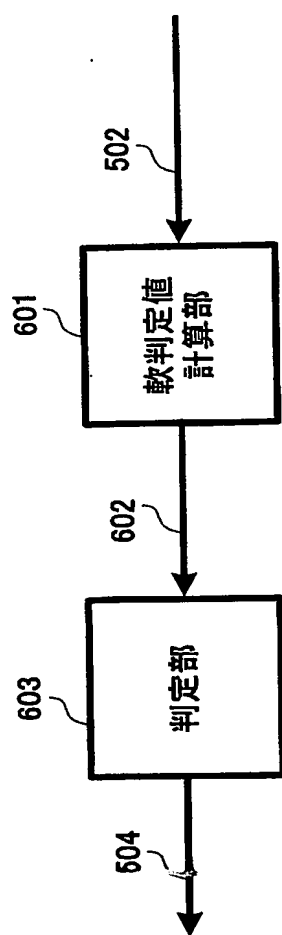


【図5】

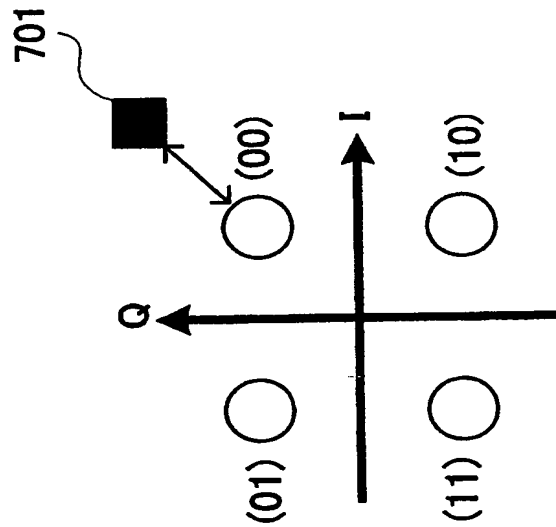


【図 6】

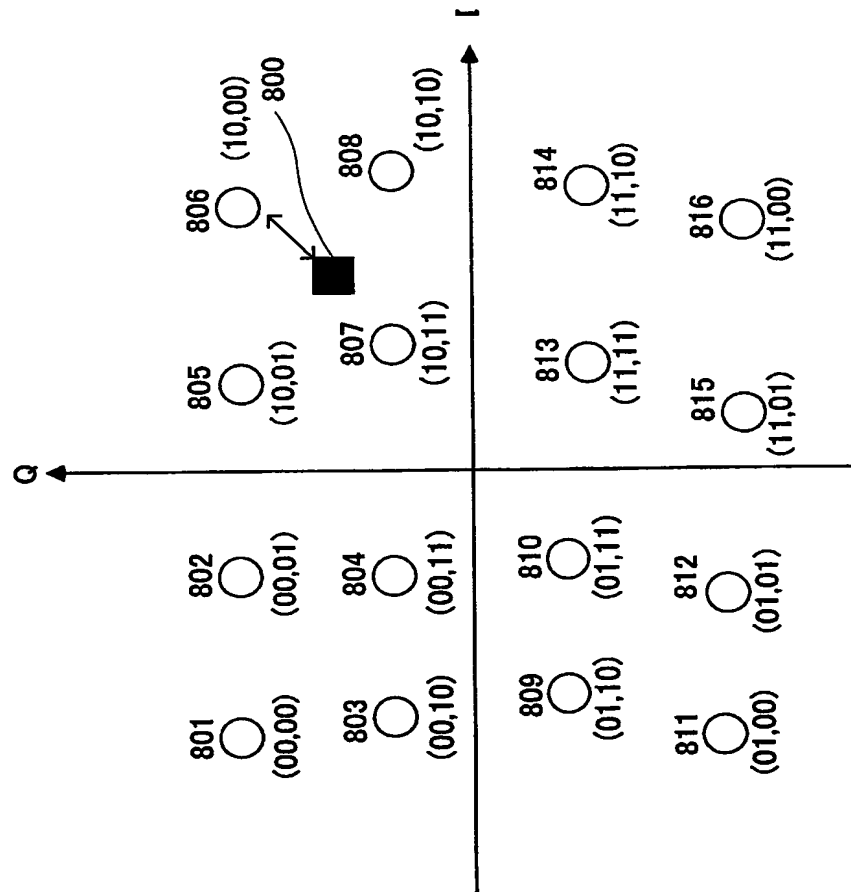
503 軟判定部



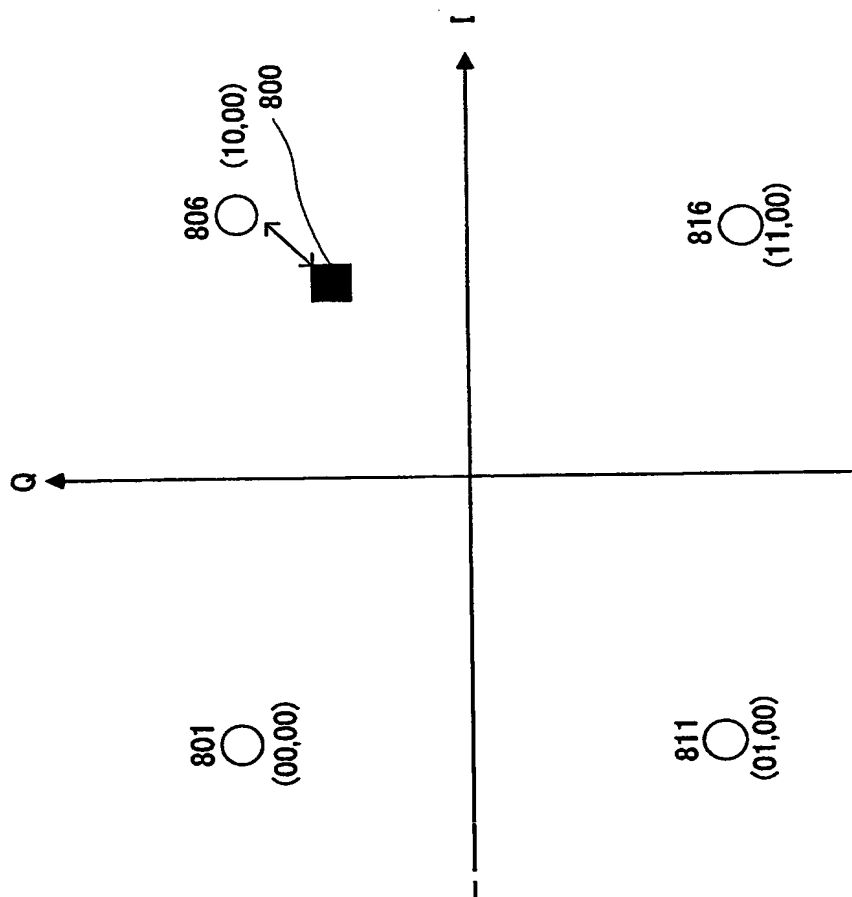
【図 7】



【図 8】

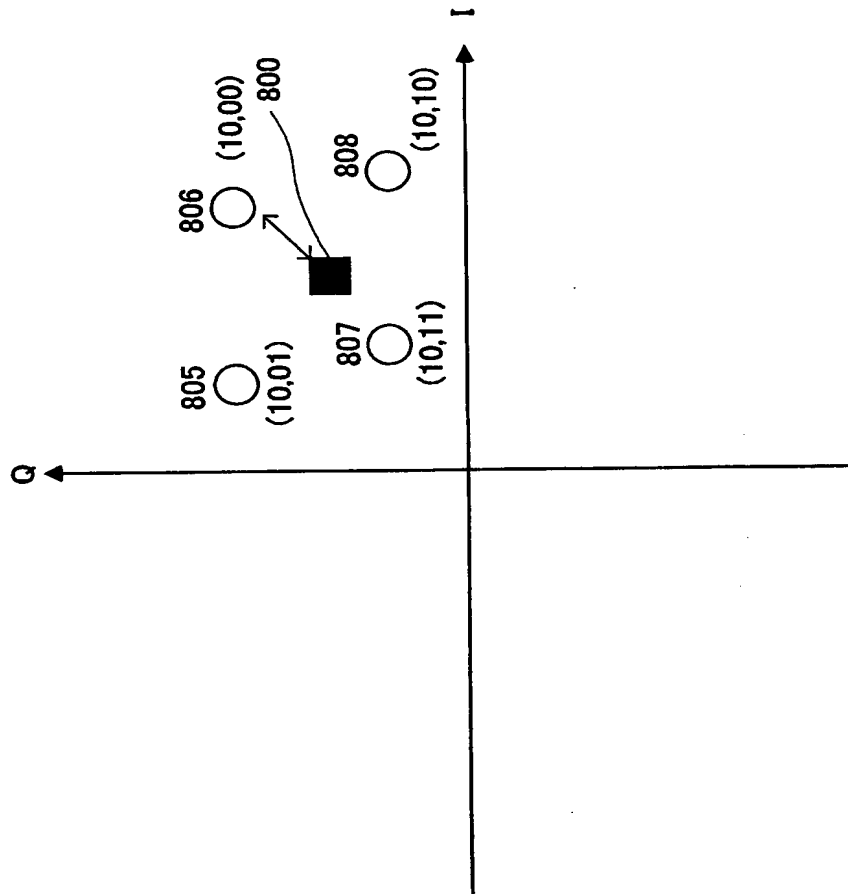


【図 9】

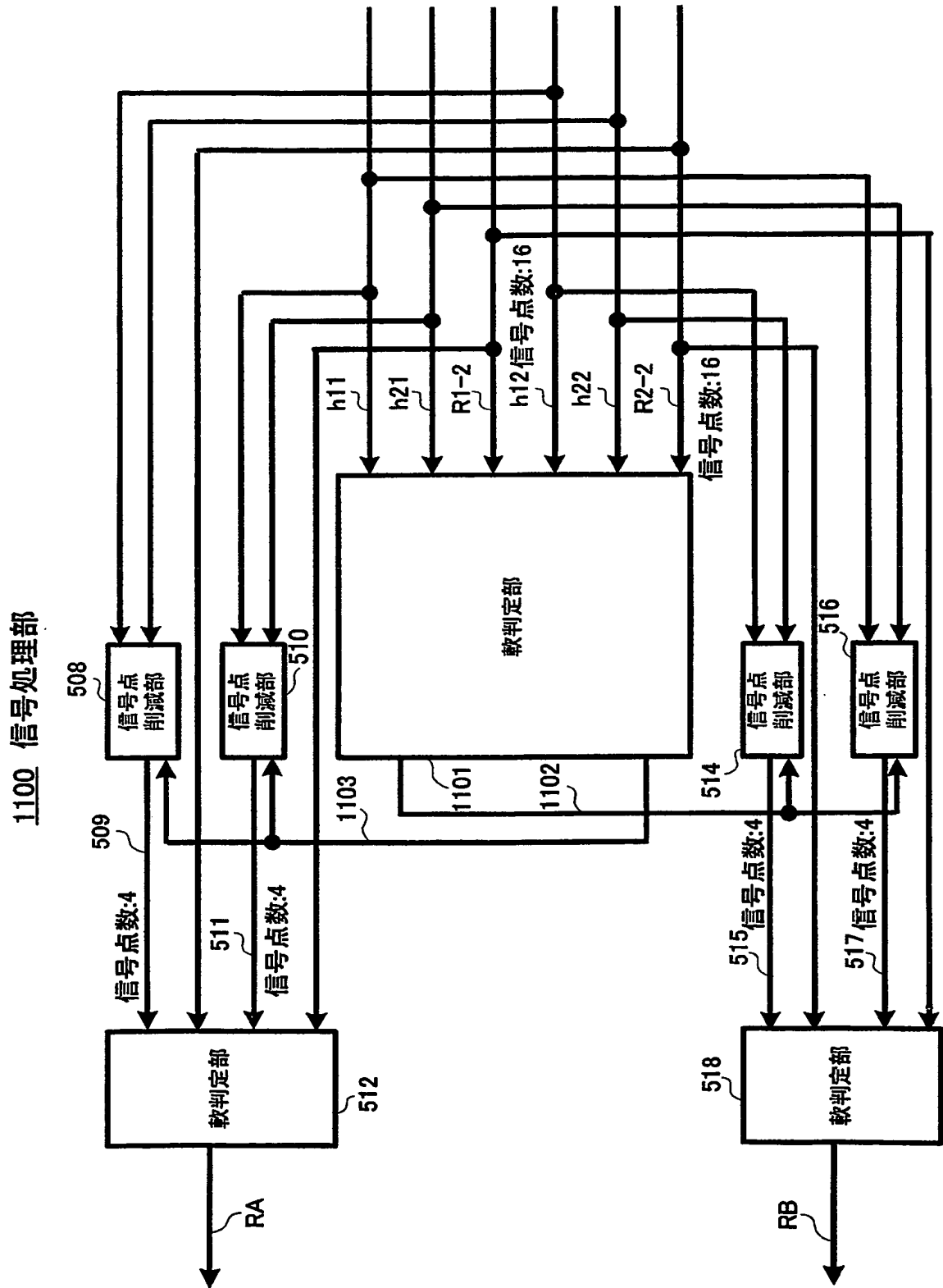




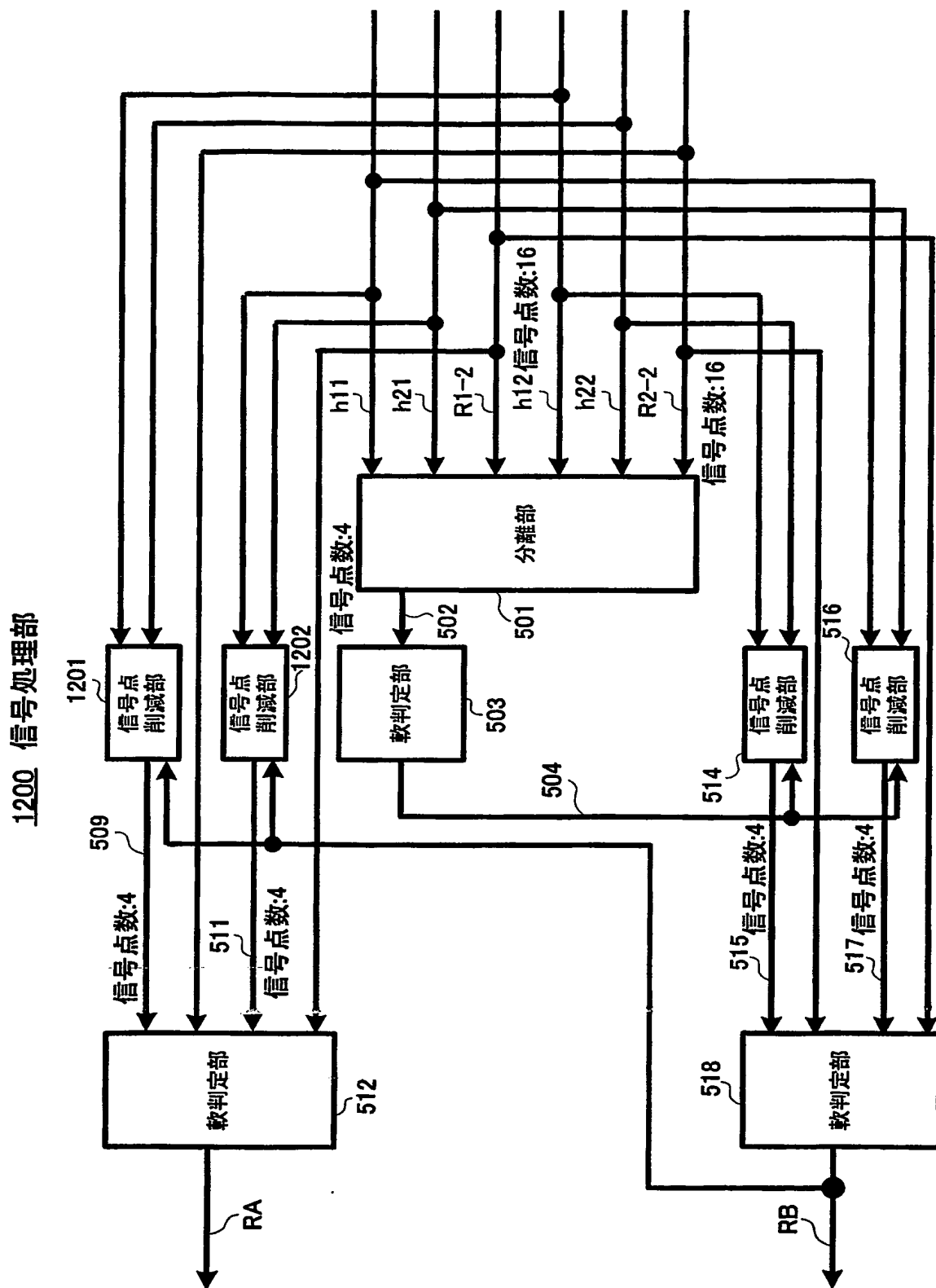
【図 10】



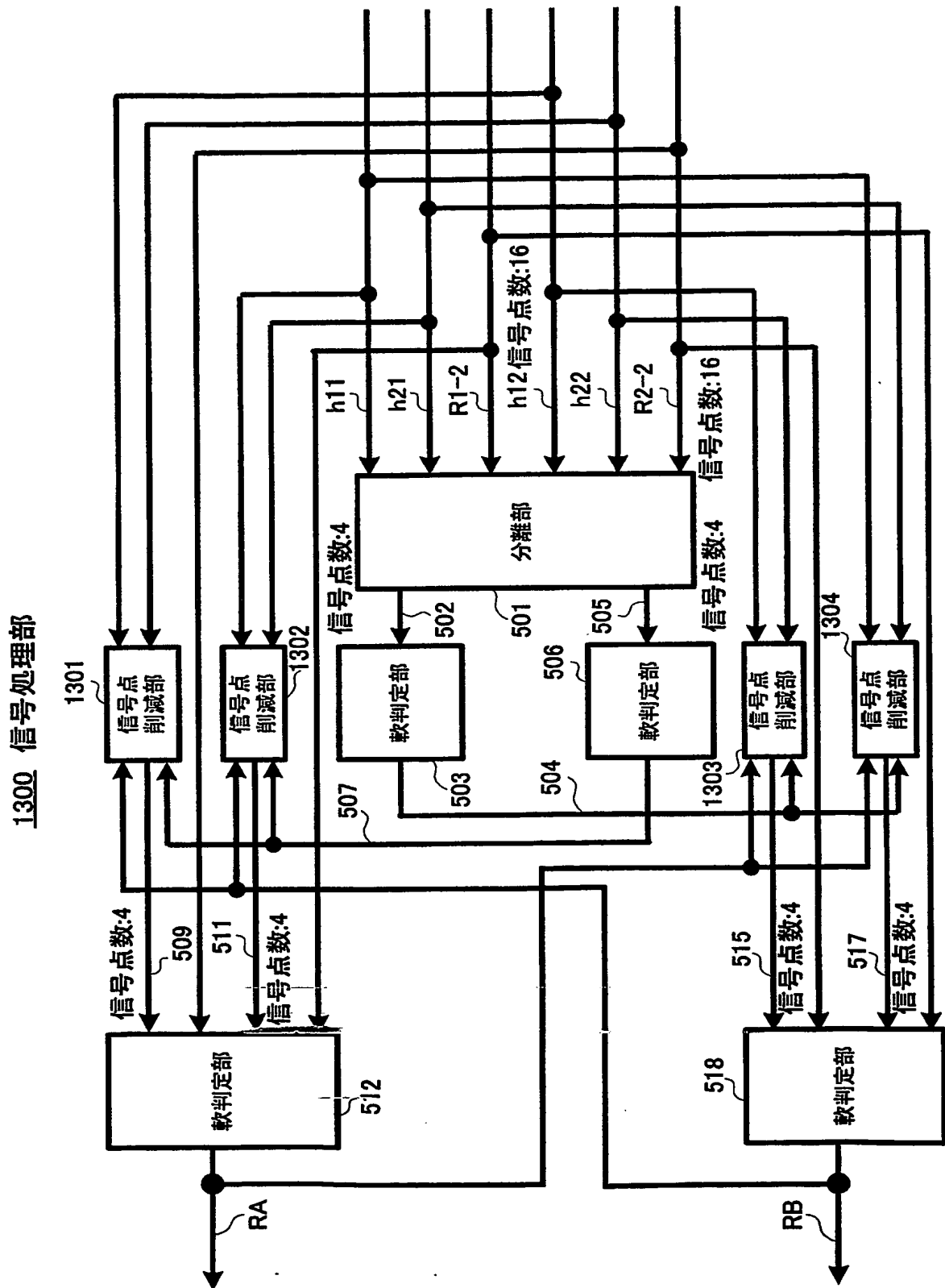
【図 11】



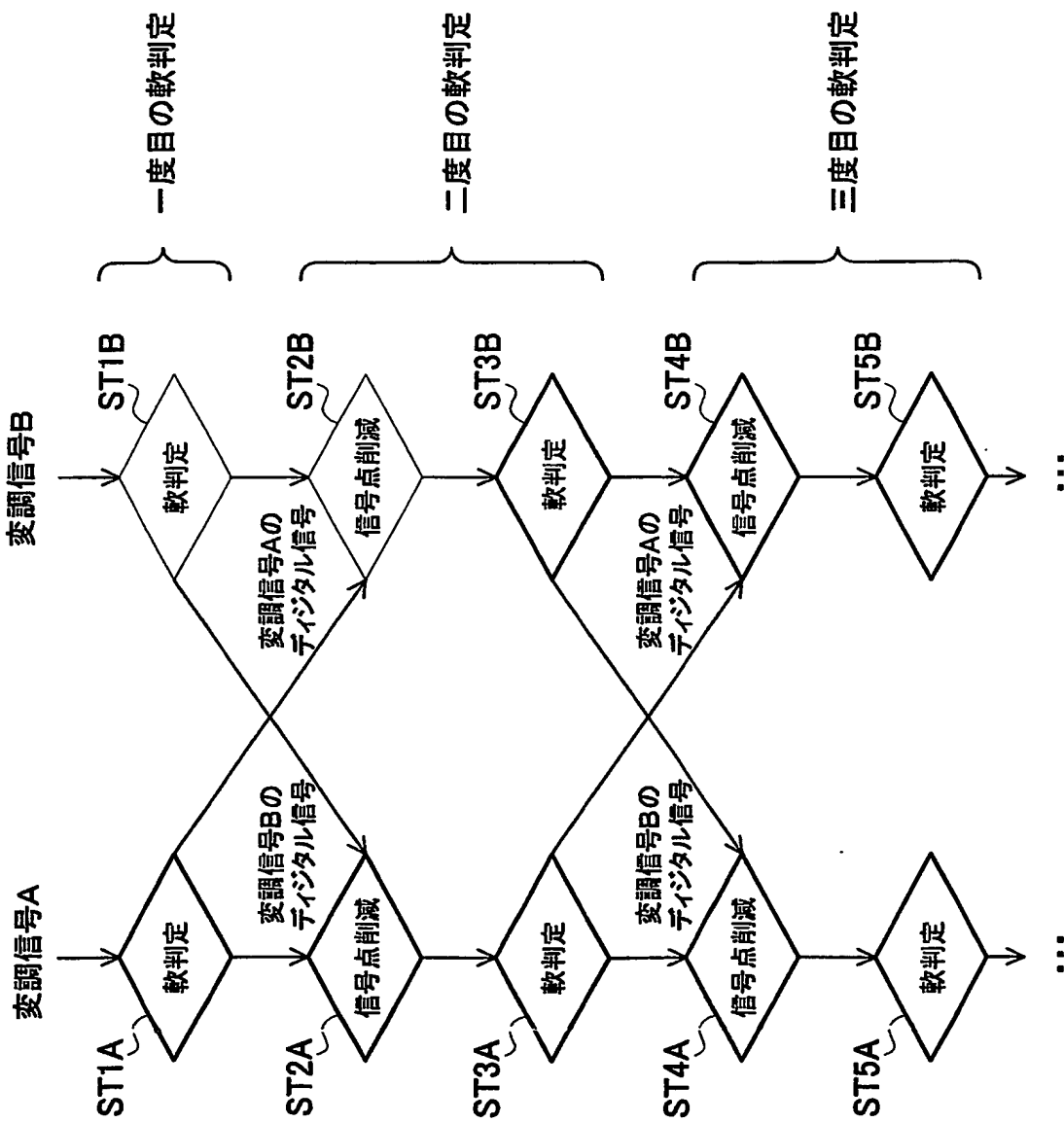
【図 12】



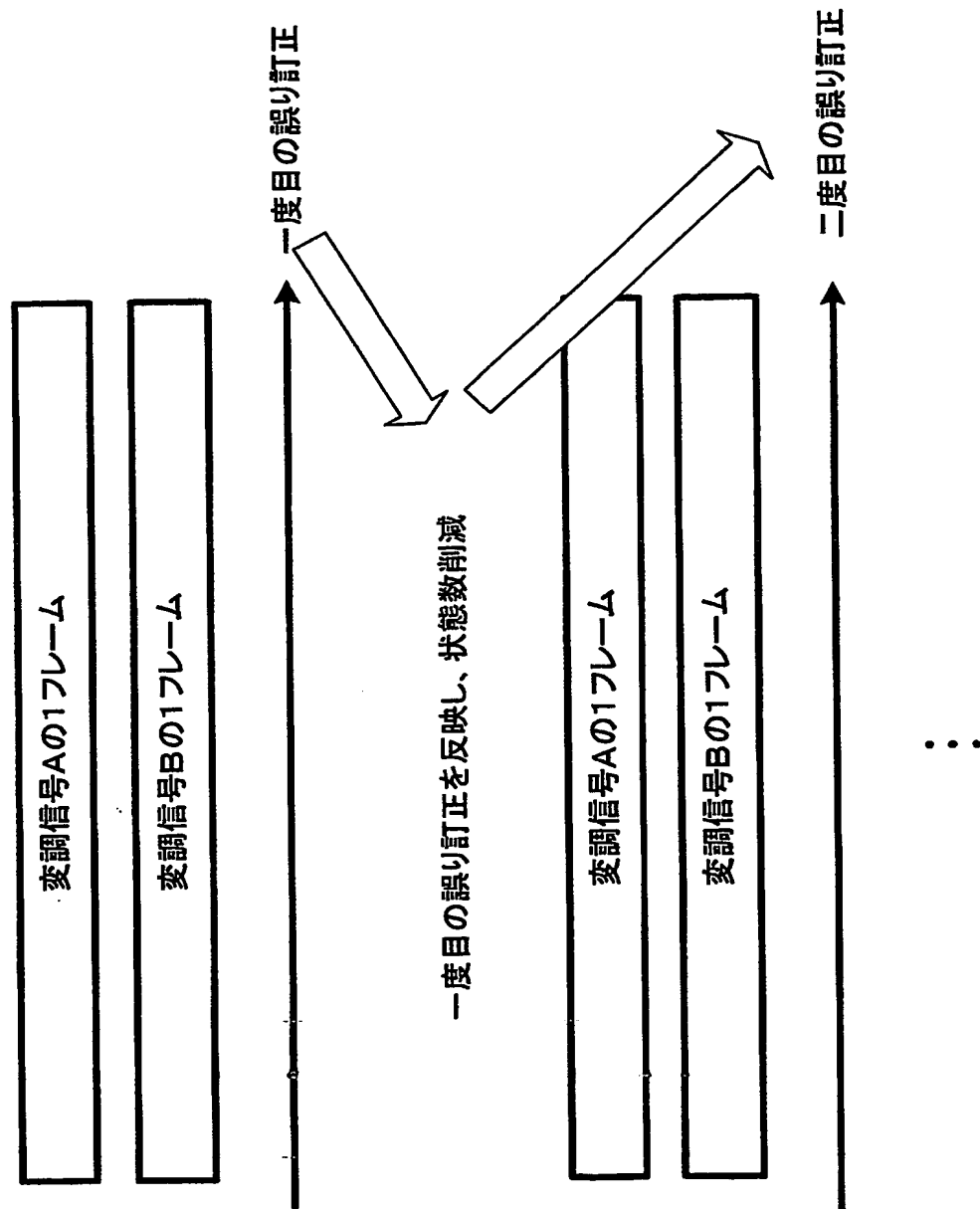
【図13】



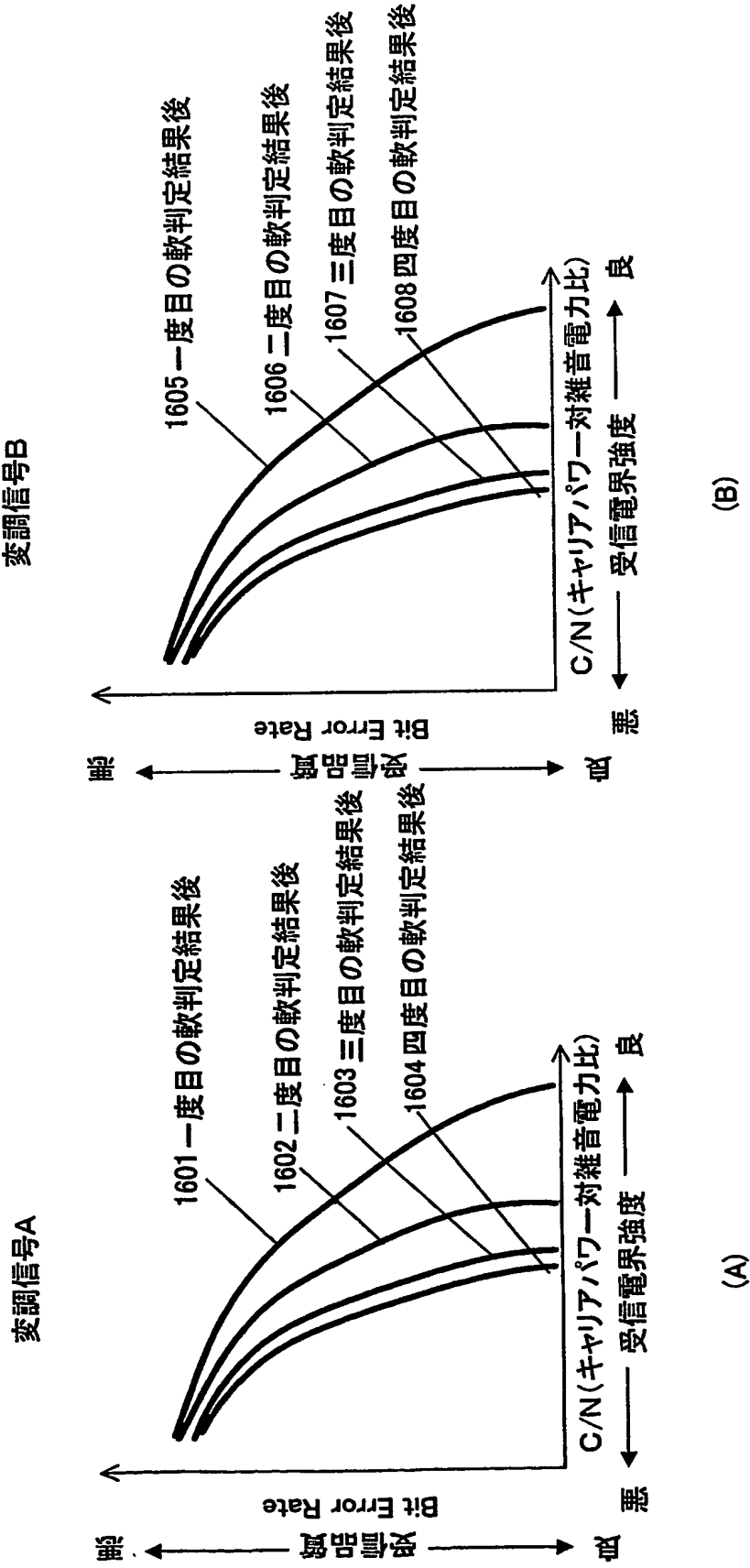
【図 14】



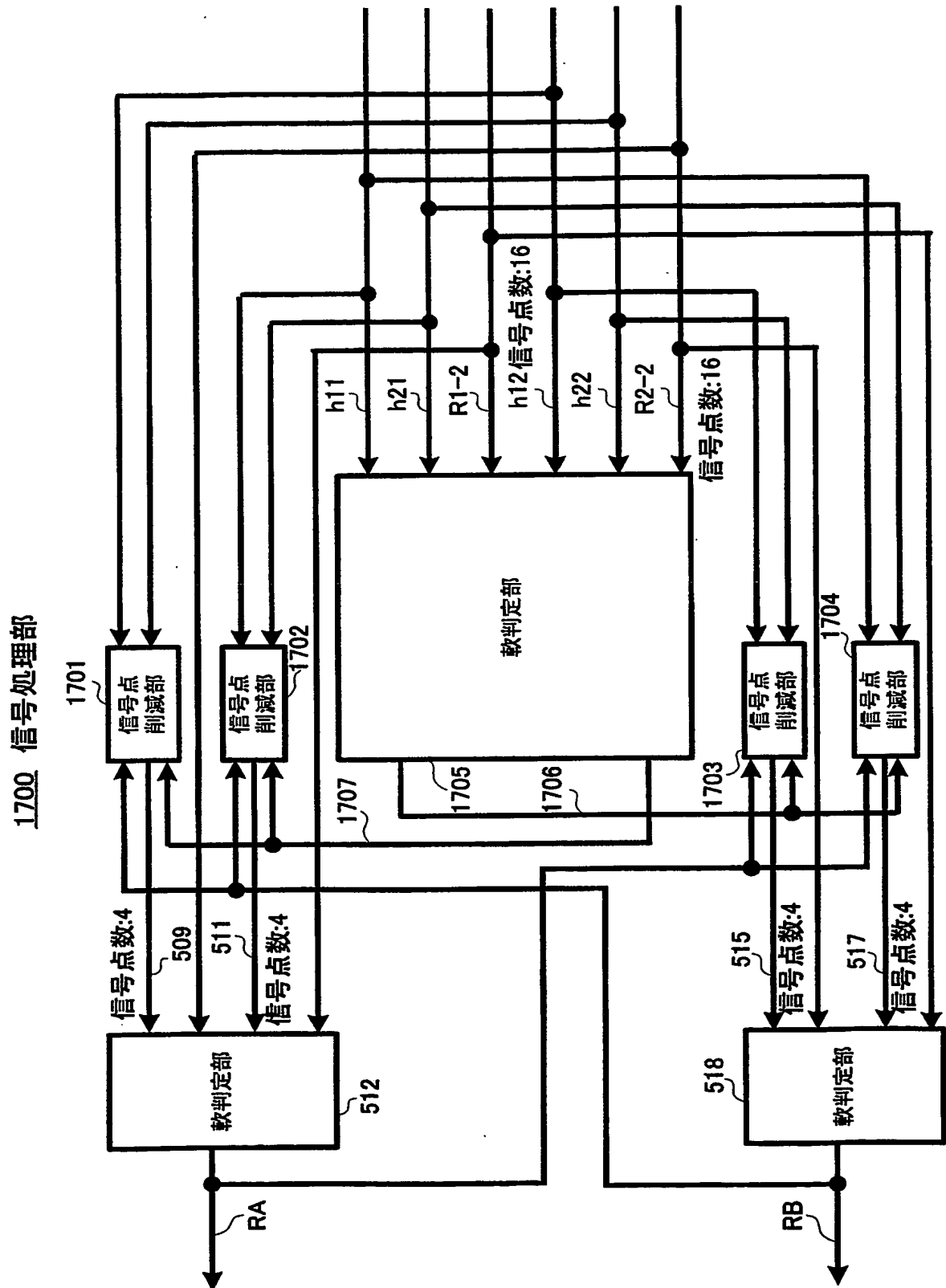
【図 15】



【図 16】

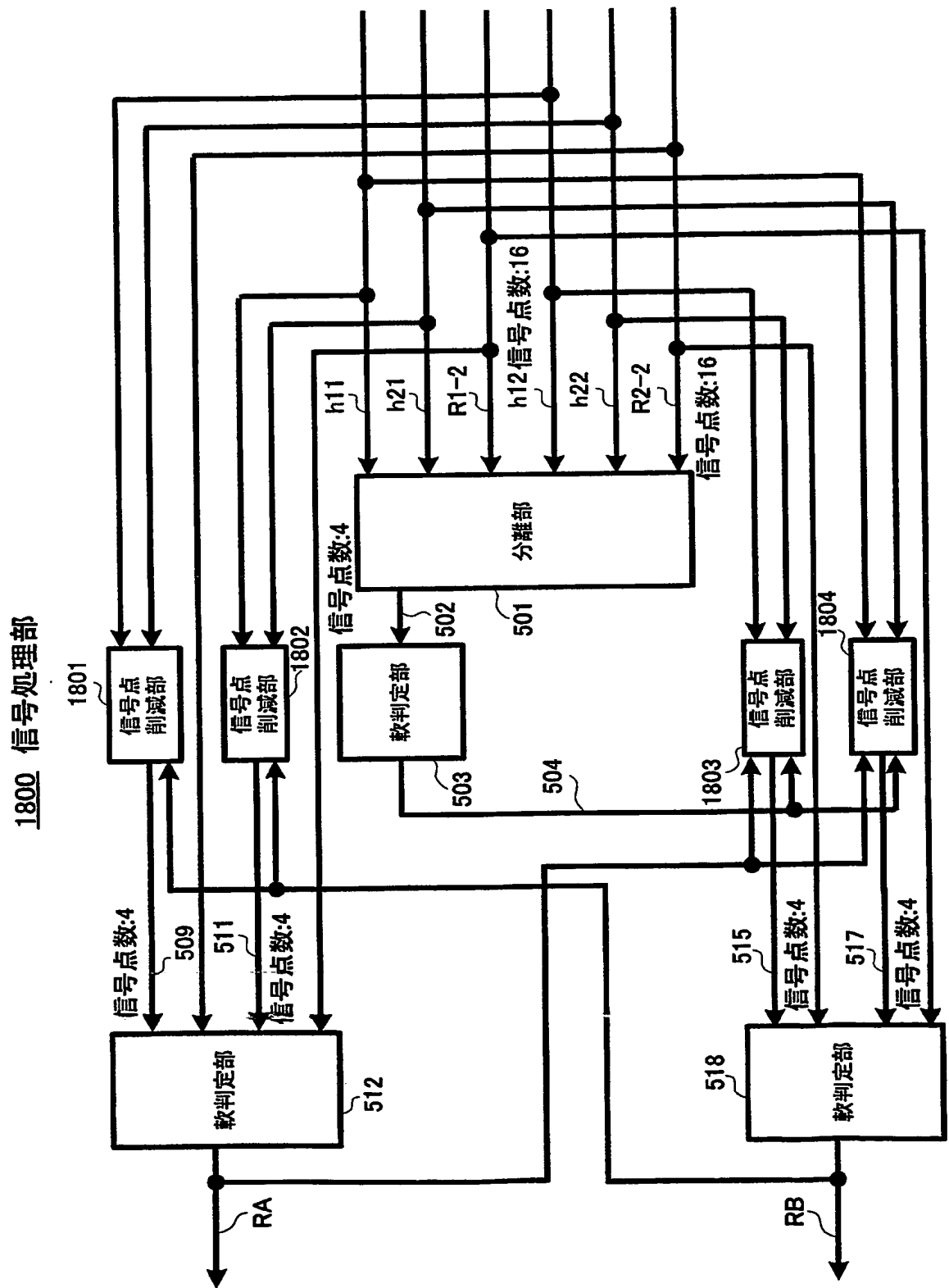


【図 17】

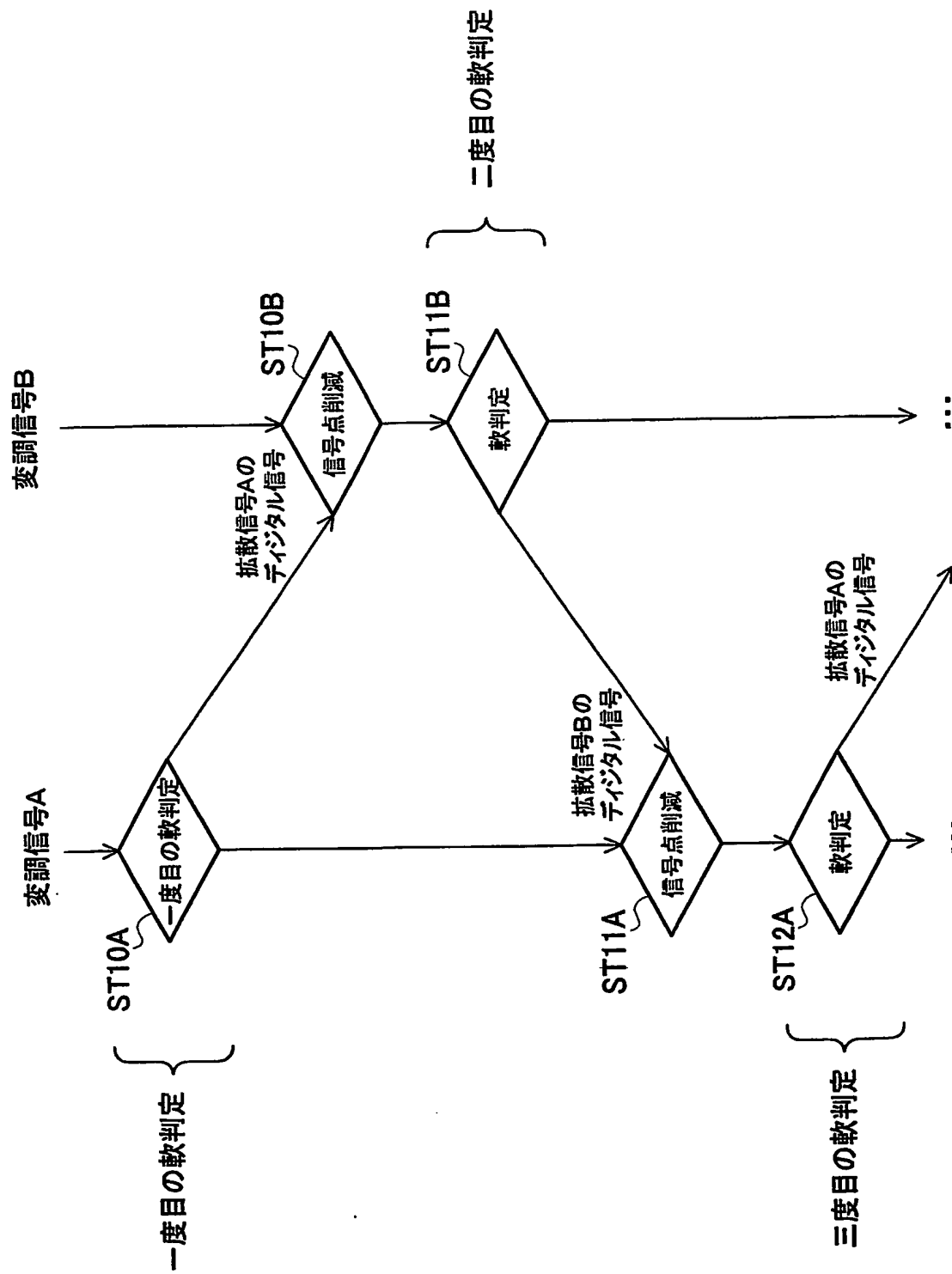




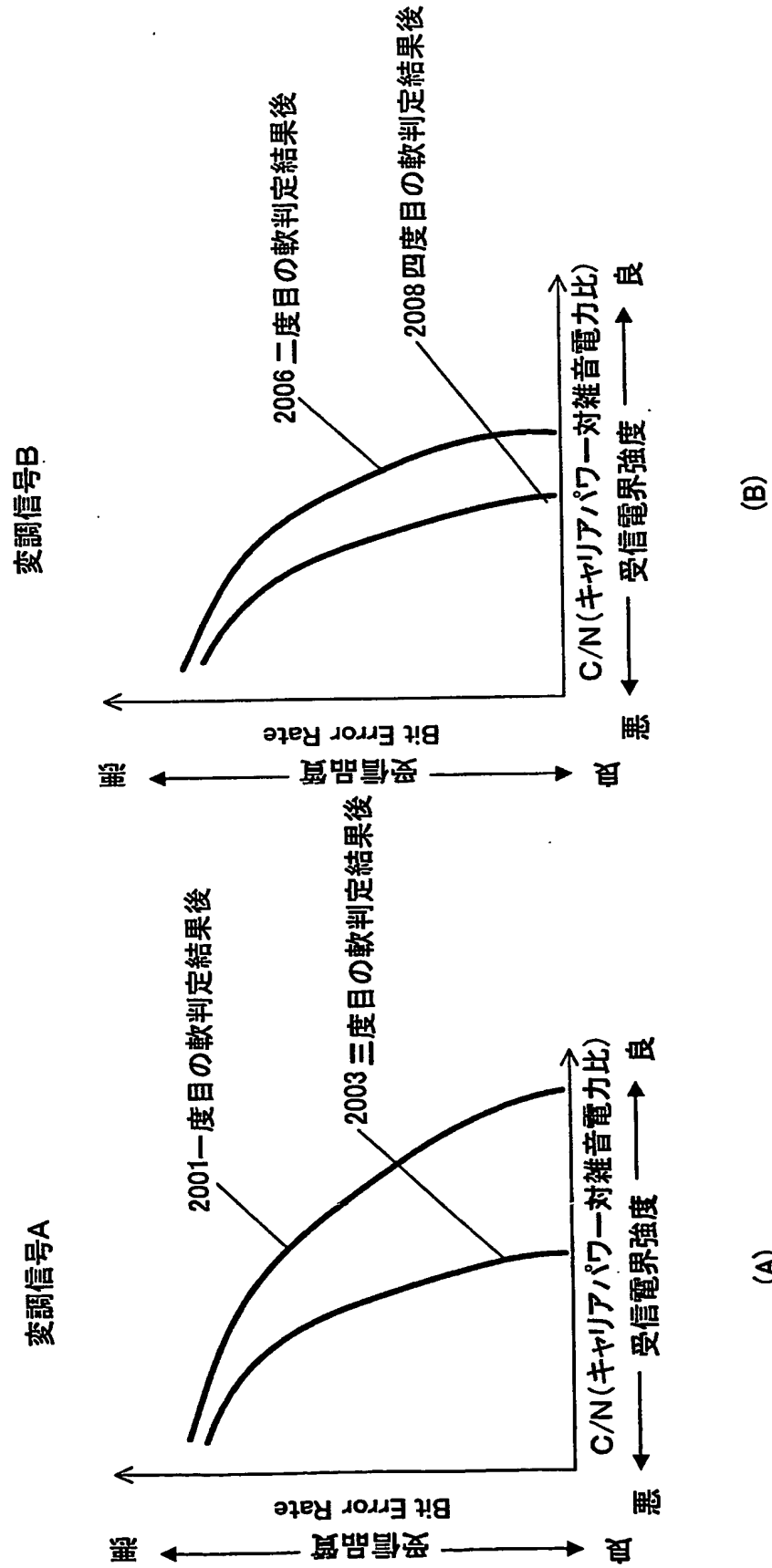
【図 18】



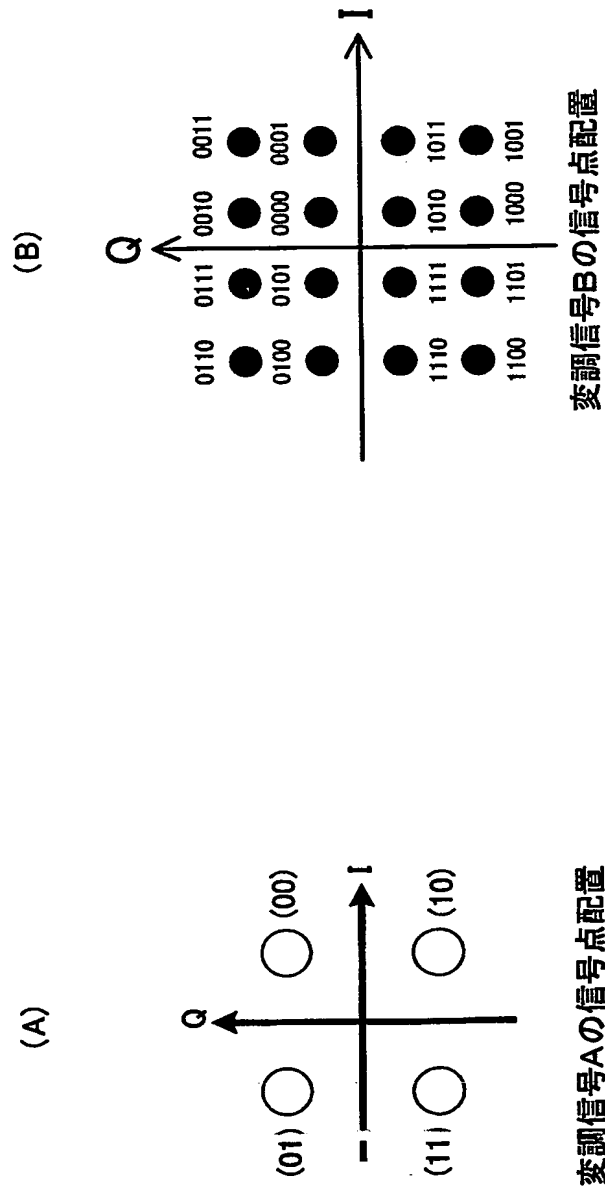
【図 19】



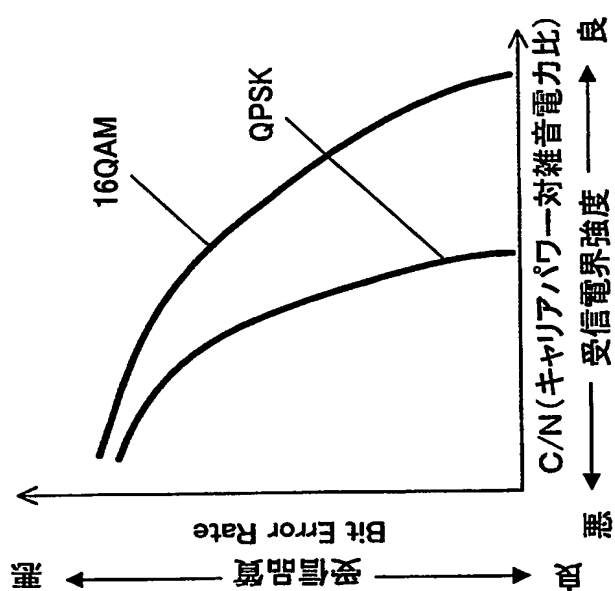
【図 20】



【図 21】

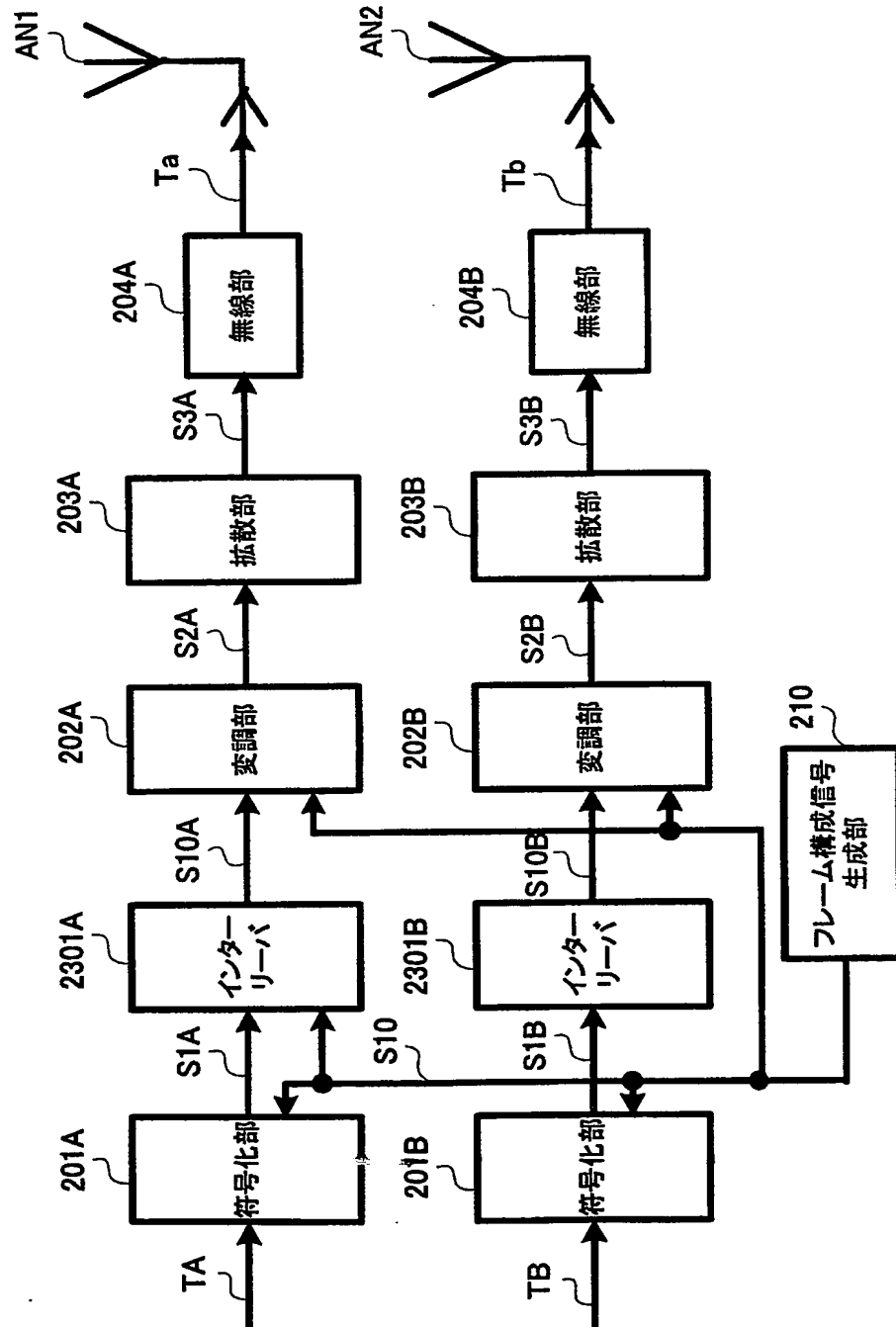


【図 22】

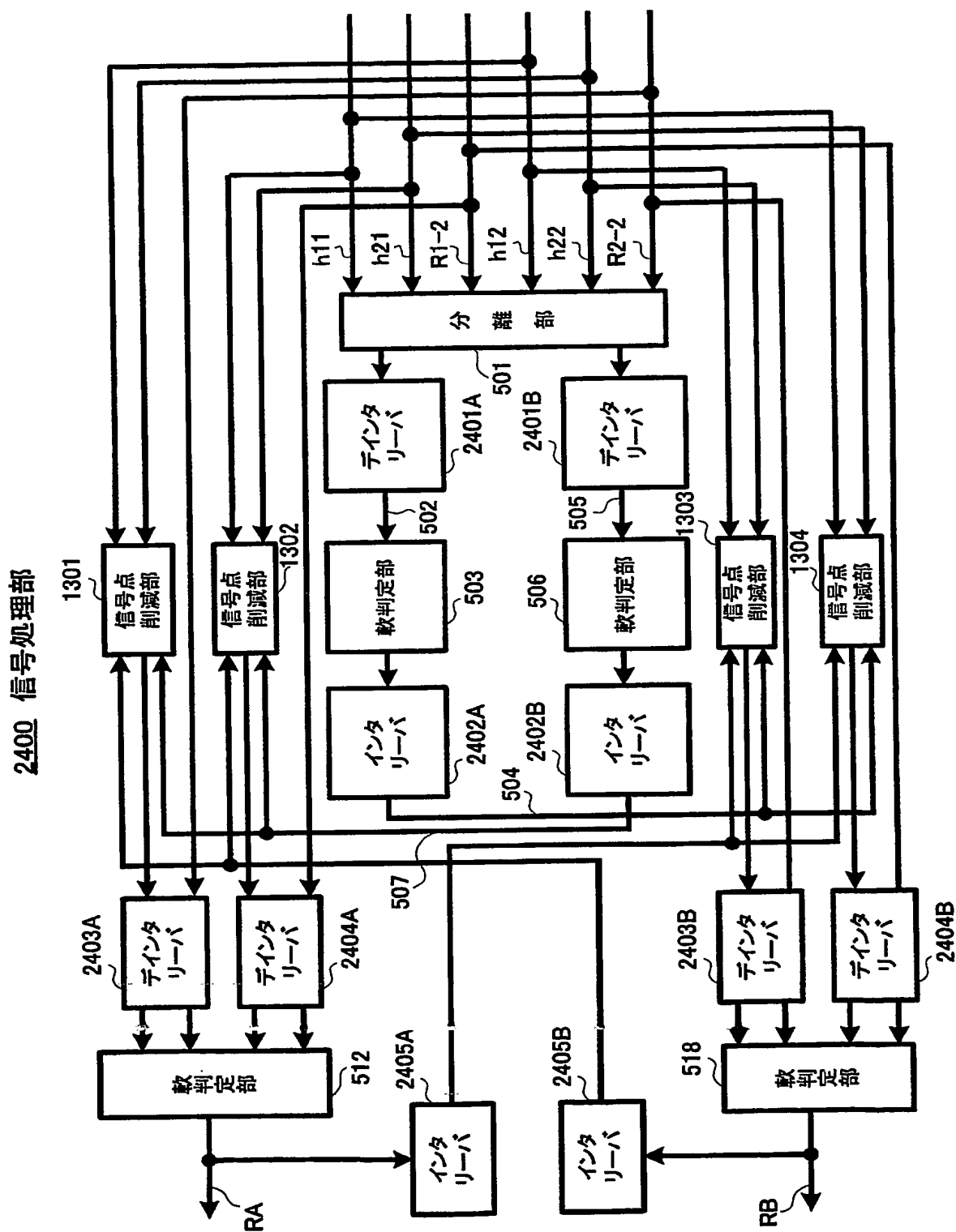


【図 23】

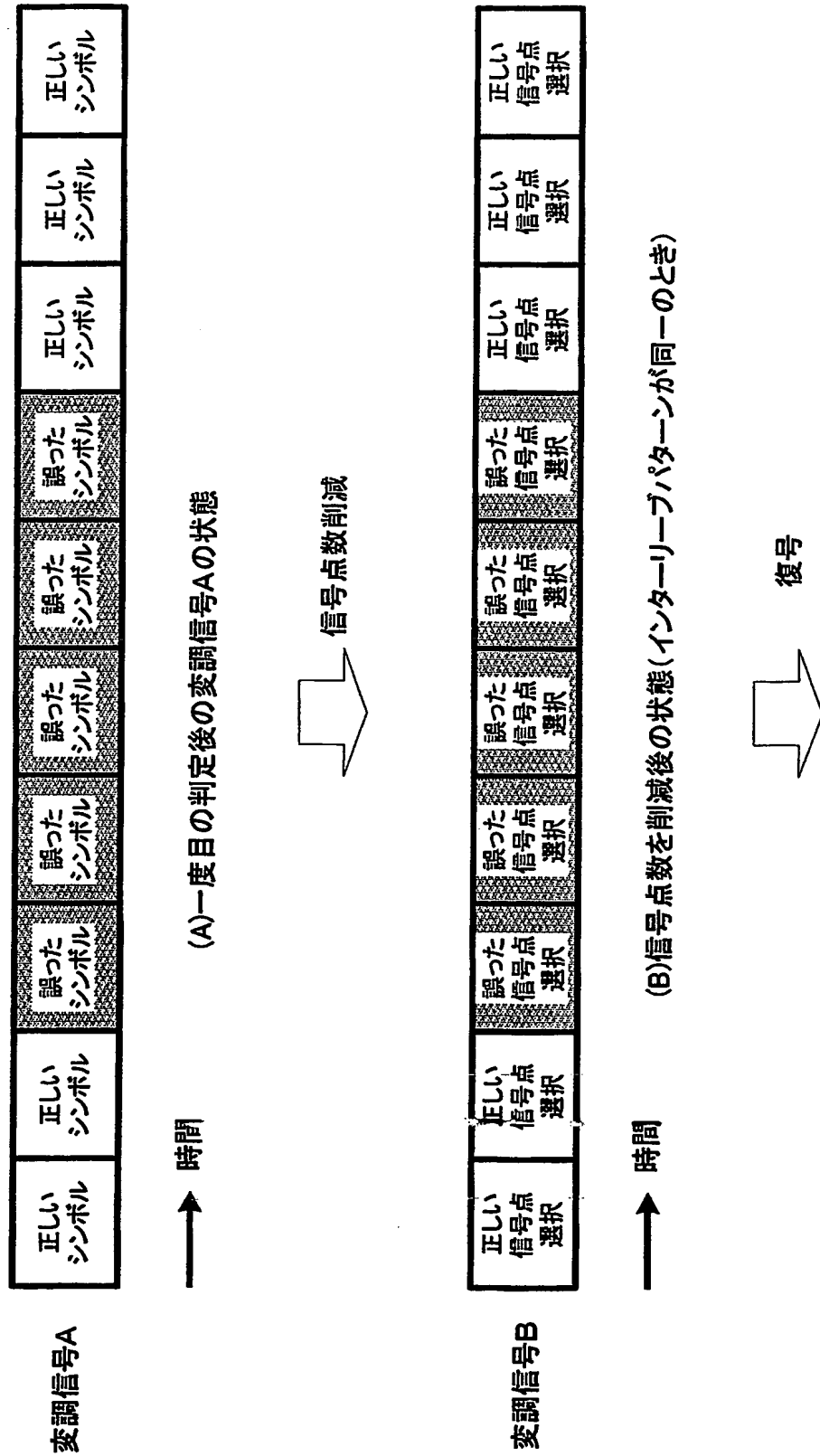
2300 マルチアンテナ送信装置



【図 24】

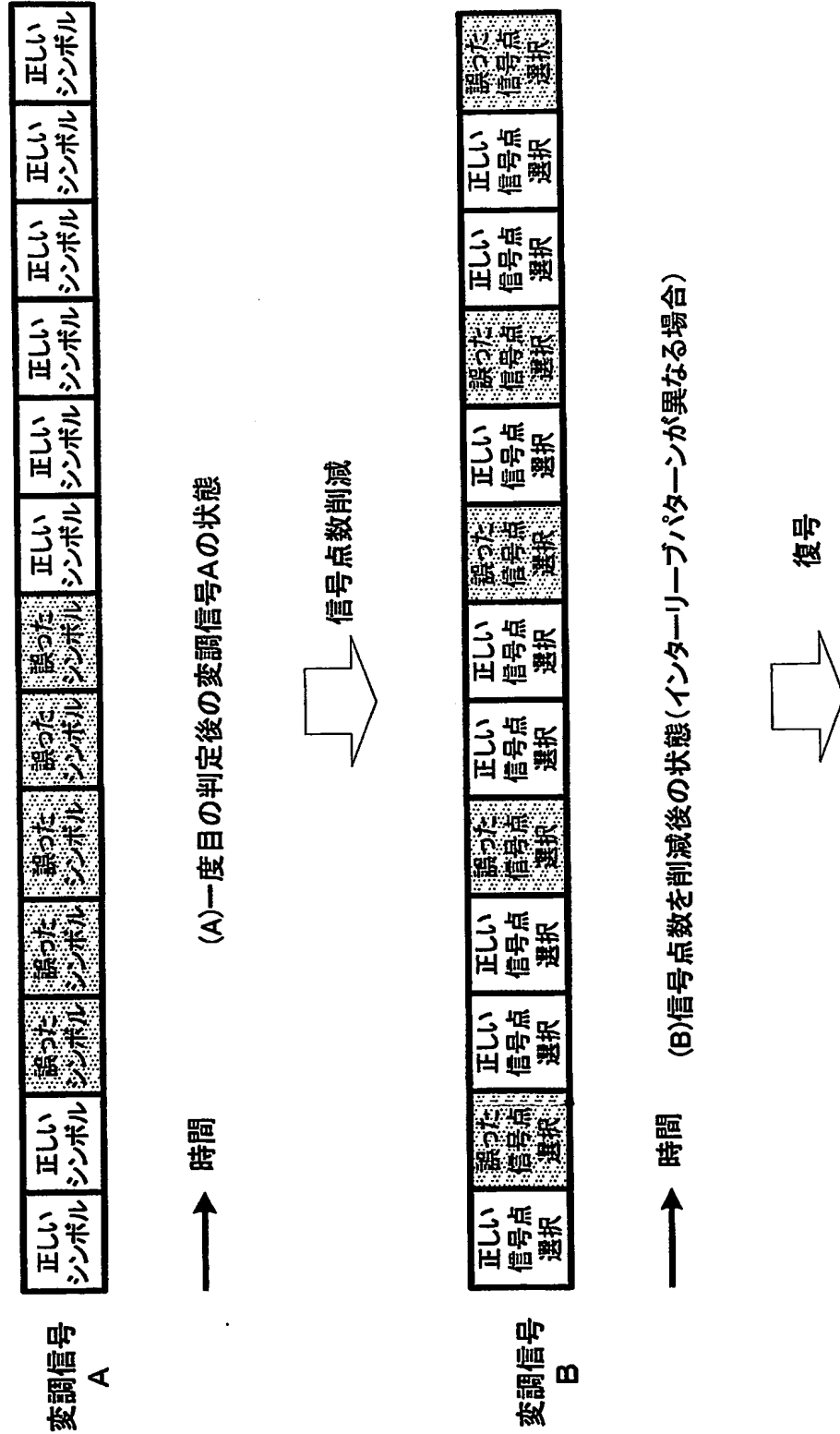


【図 25】

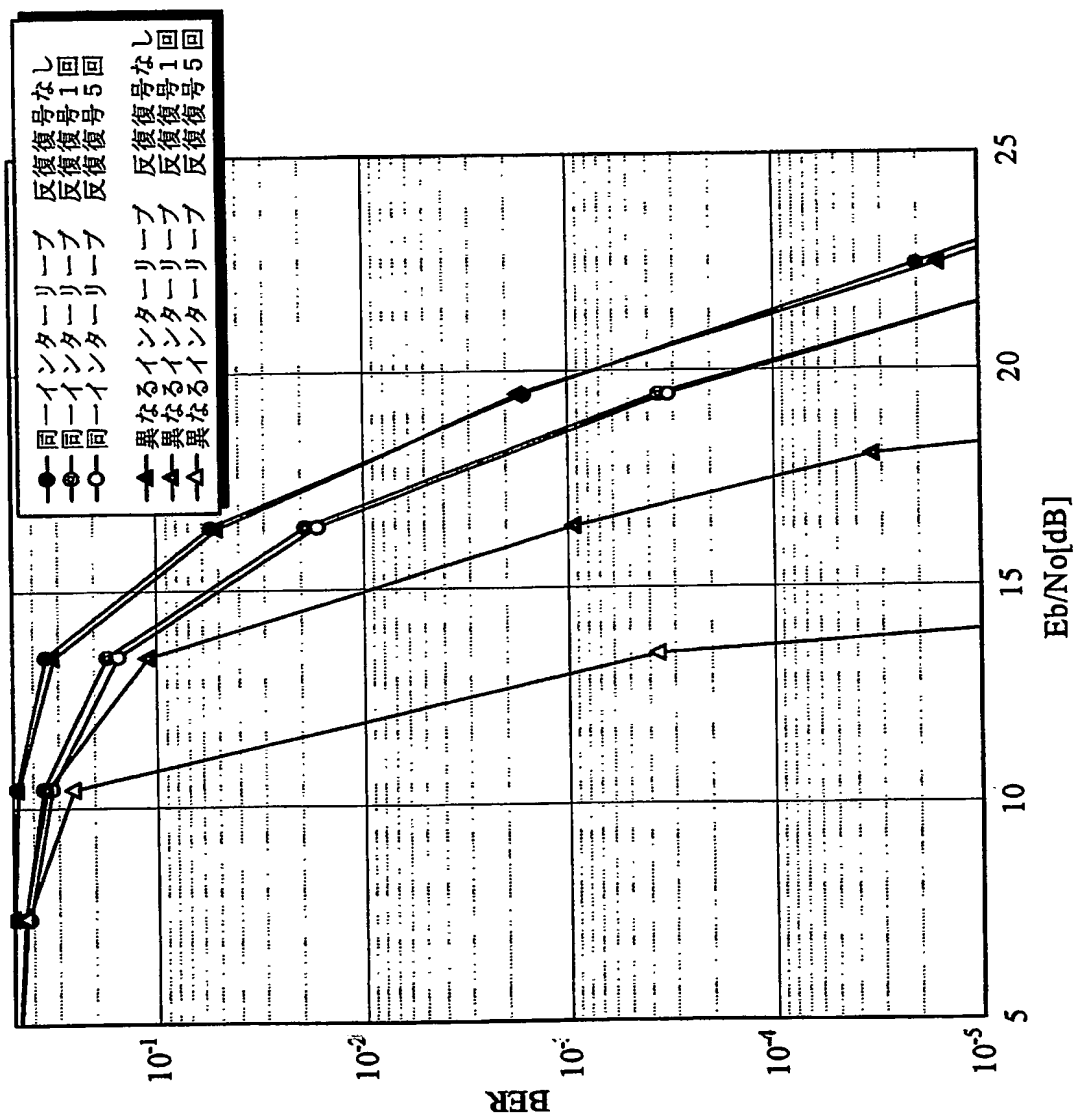




【図 26】

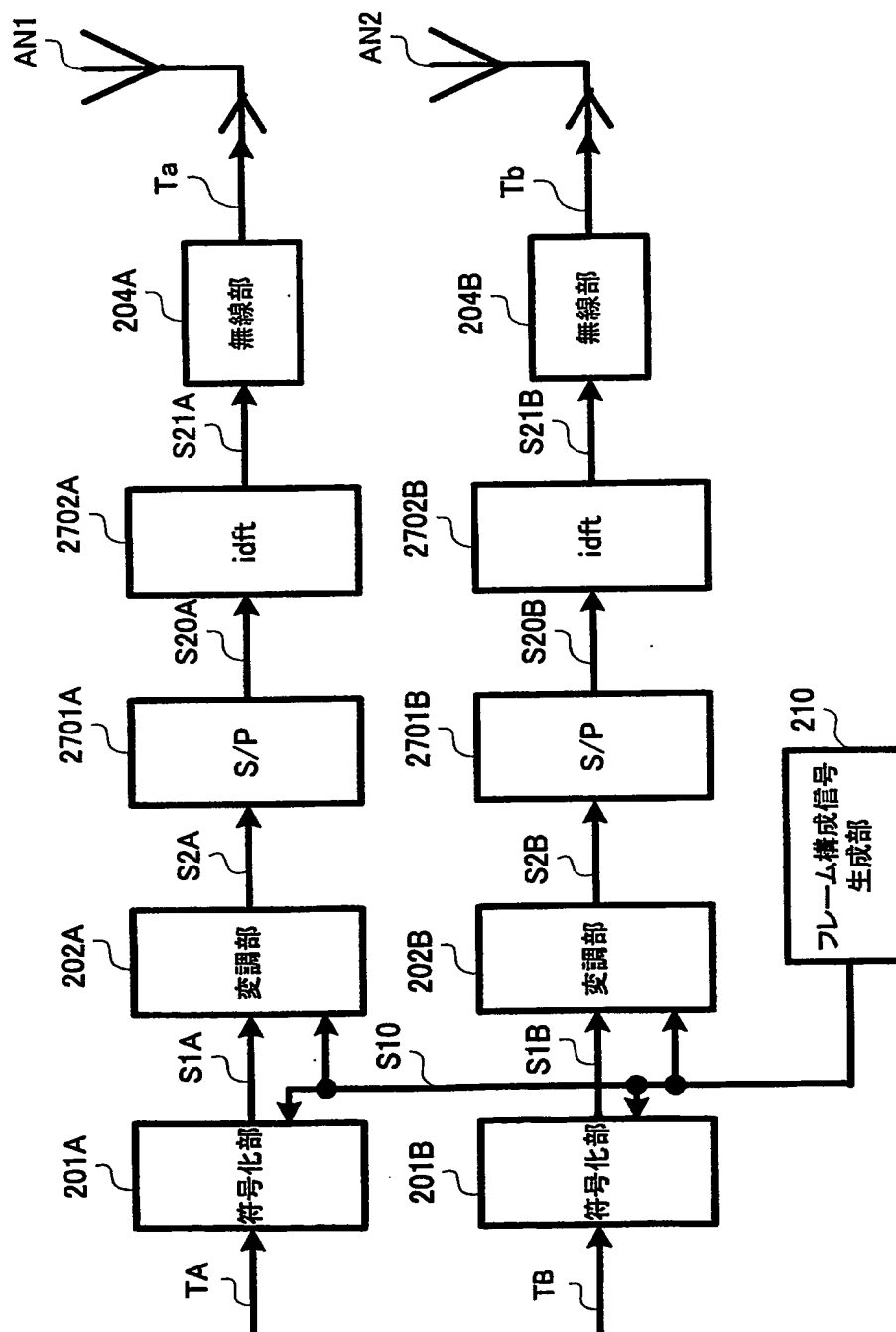


【図 27】

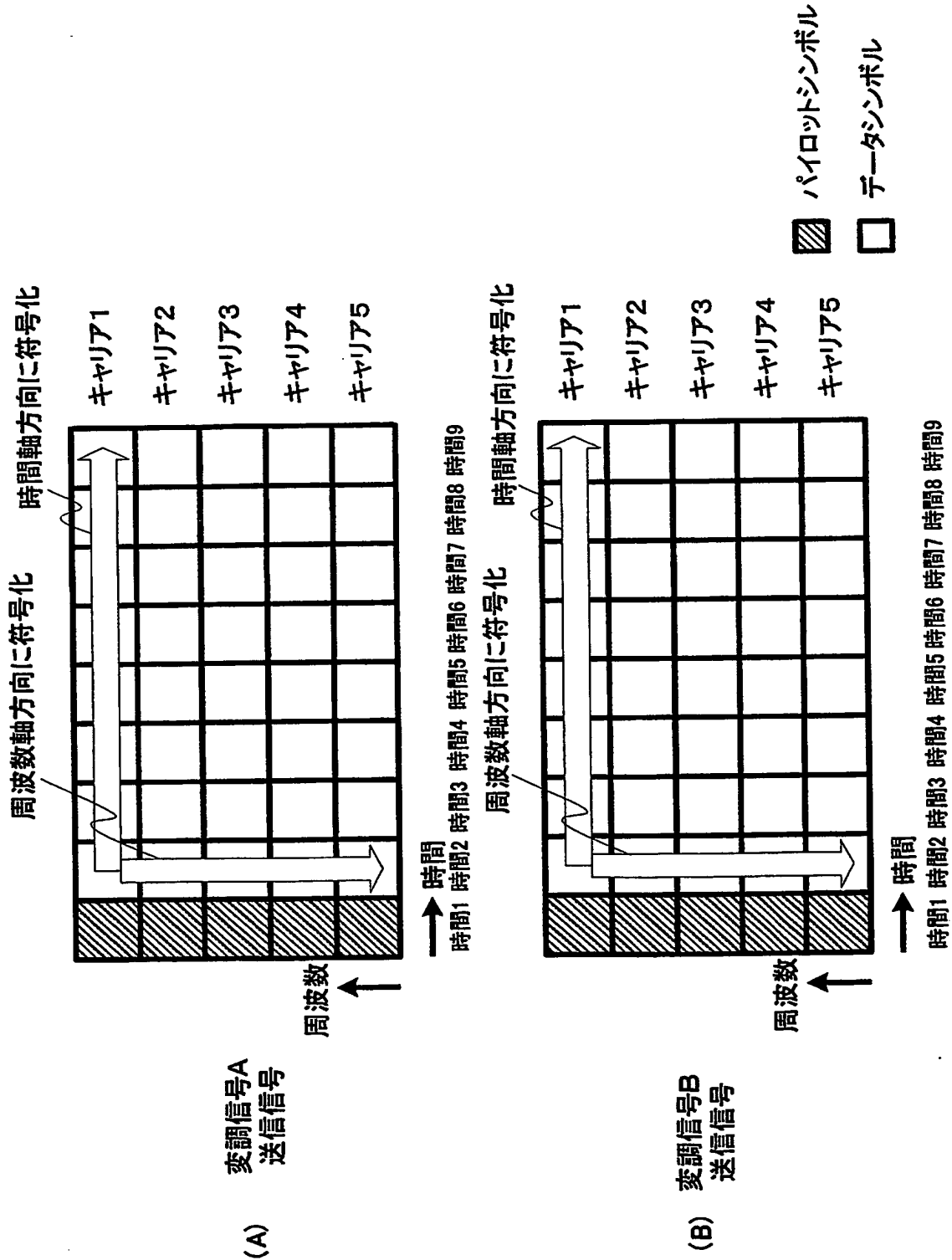


【図 28】

2700 マルチアンテナ送信装置

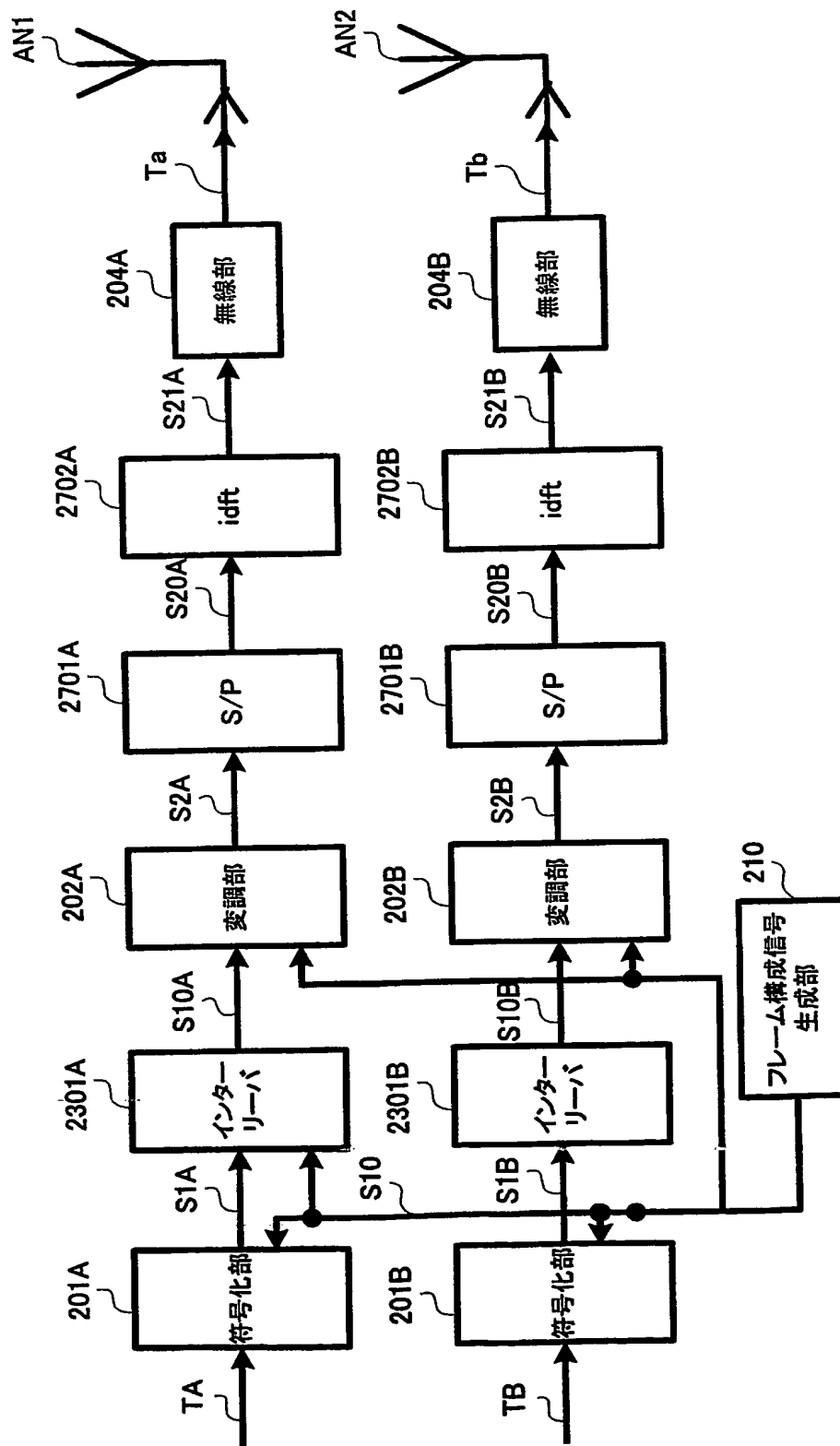


【図 29】



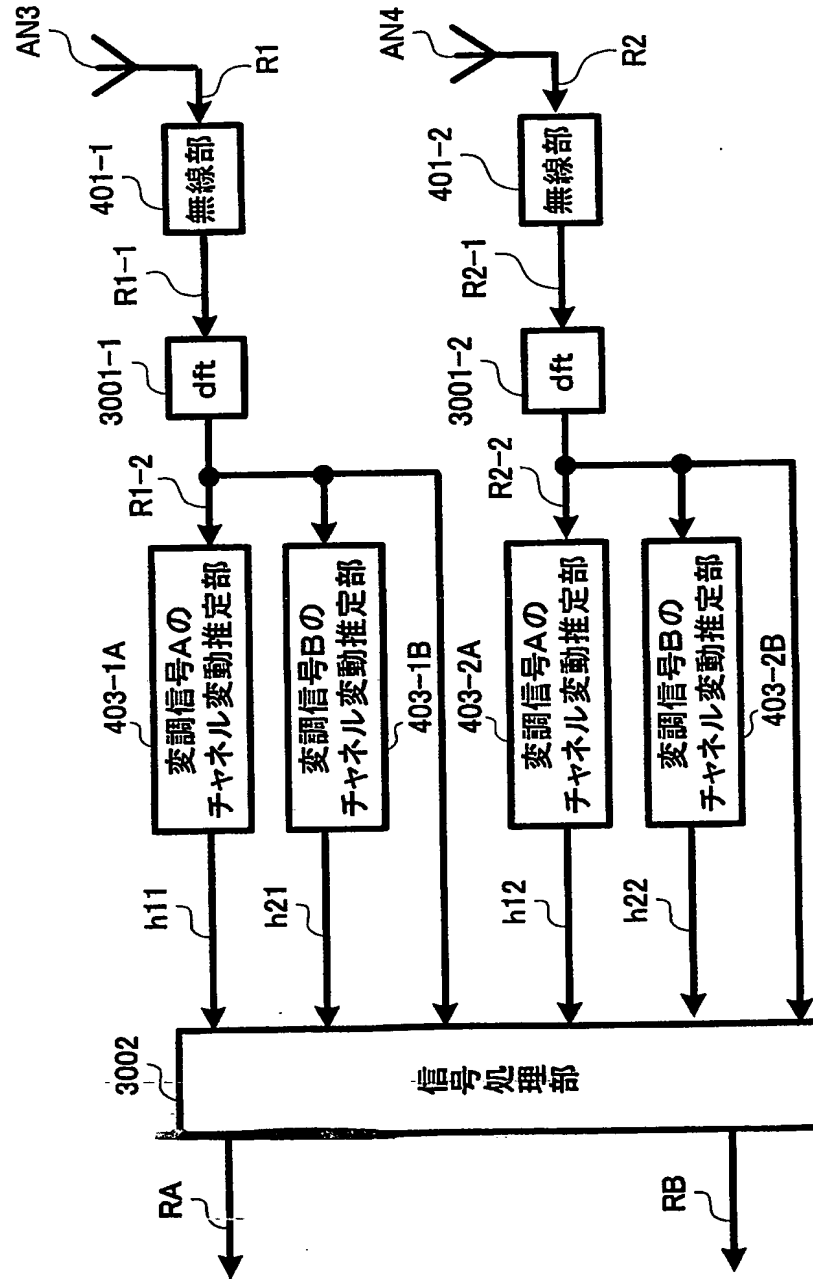
【図 30】

2900 マルチアンテナ送信装置

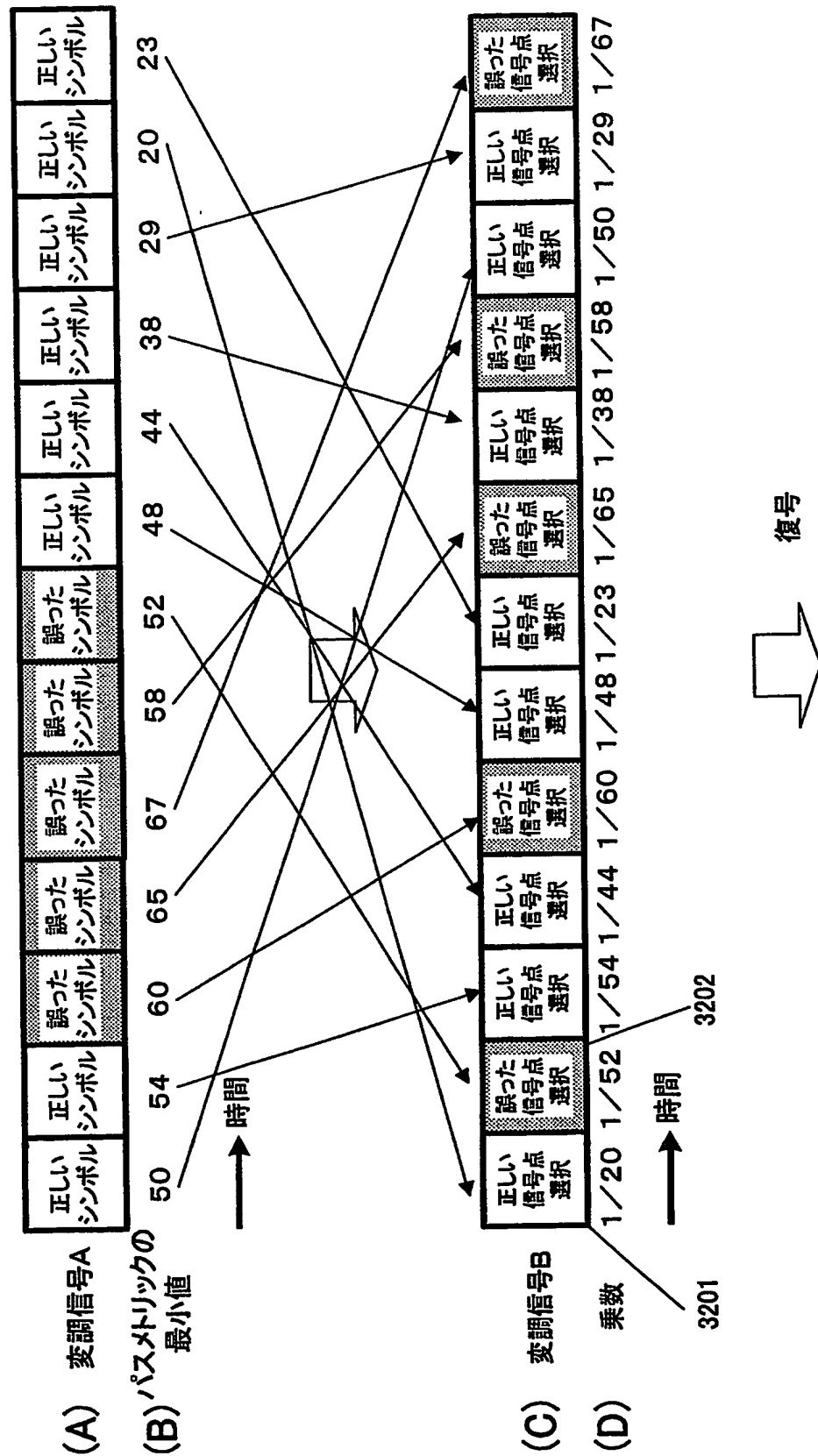


【図 31】

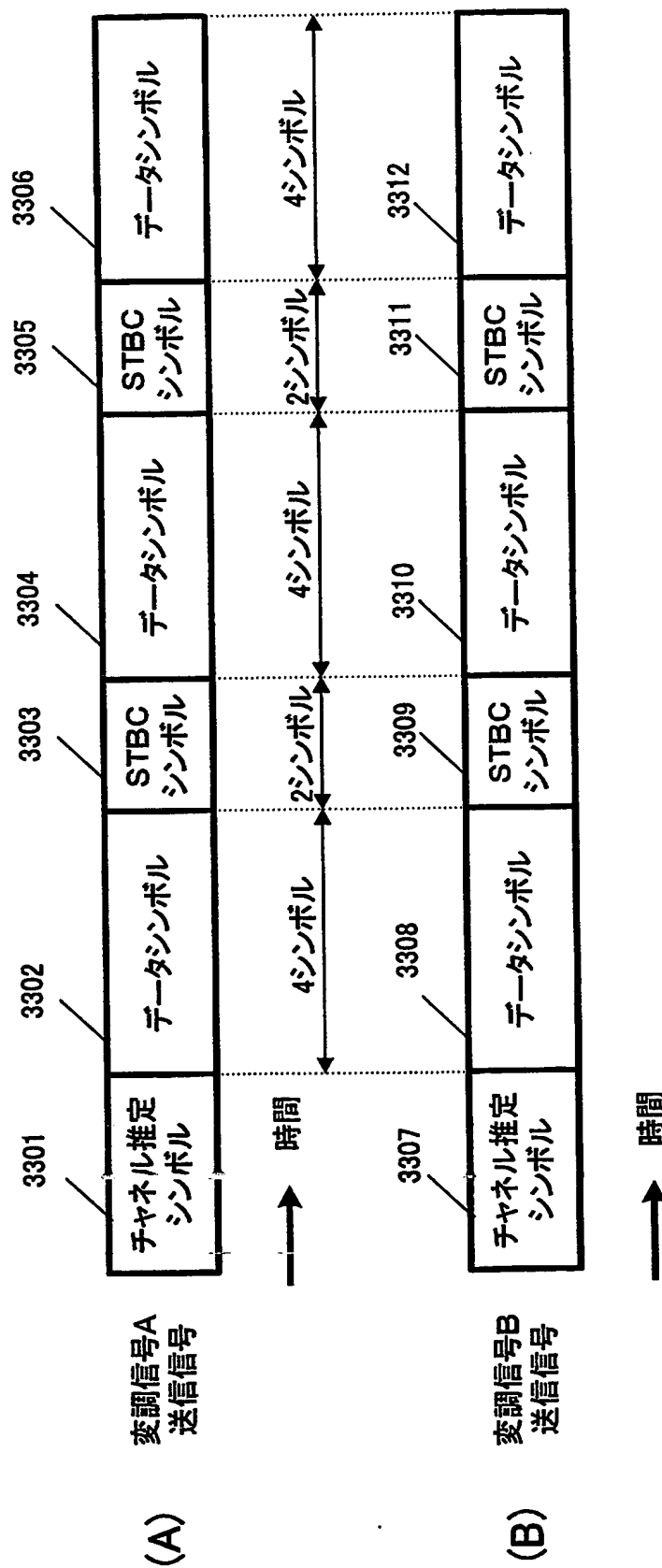
3000 マルチアンテナ受信装置



【図 32】

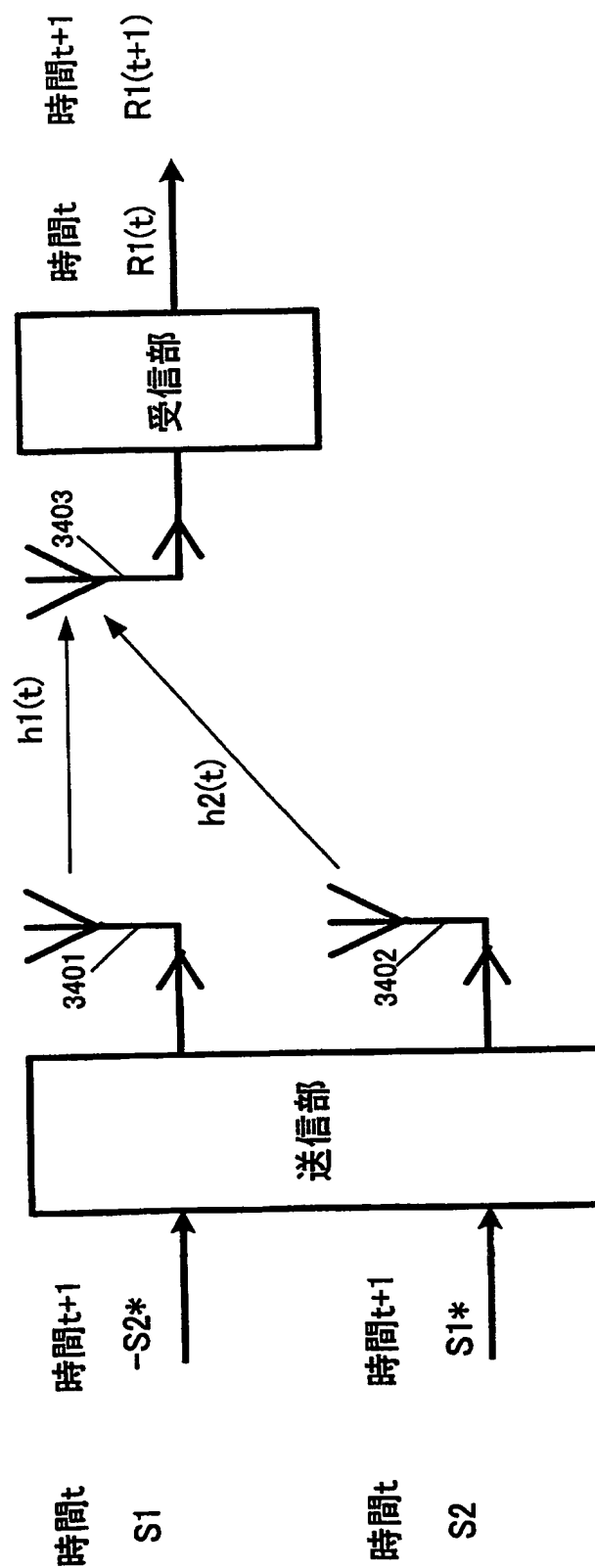


【図 33】



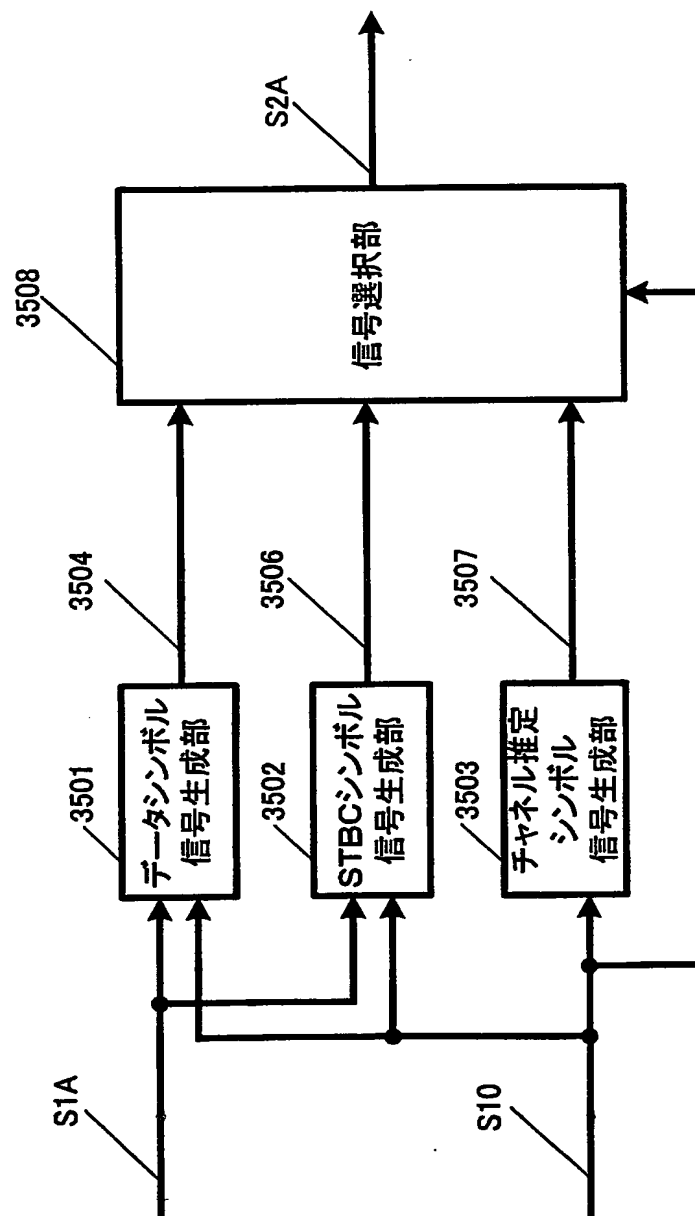


【図 34】

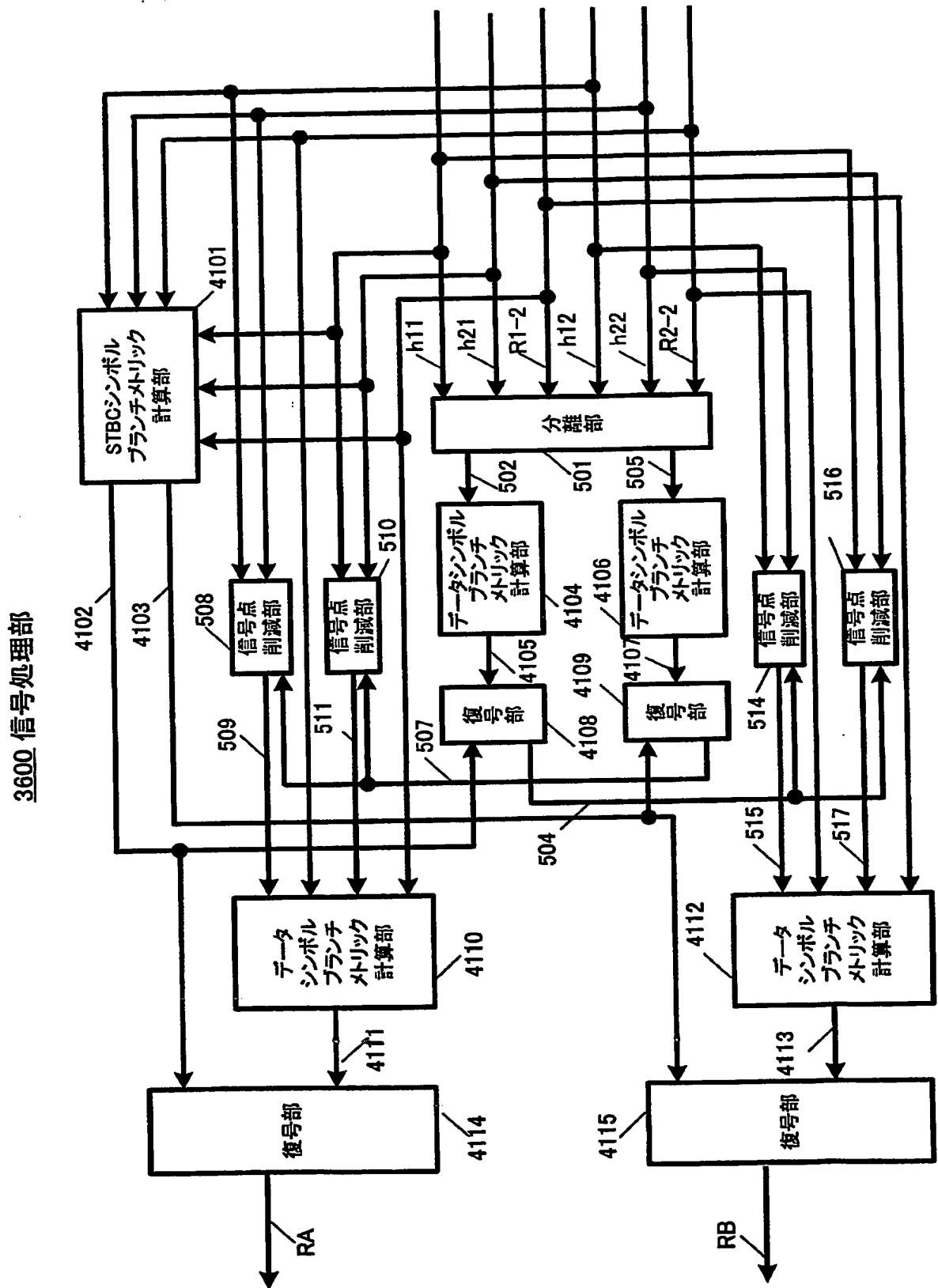


【図 35】

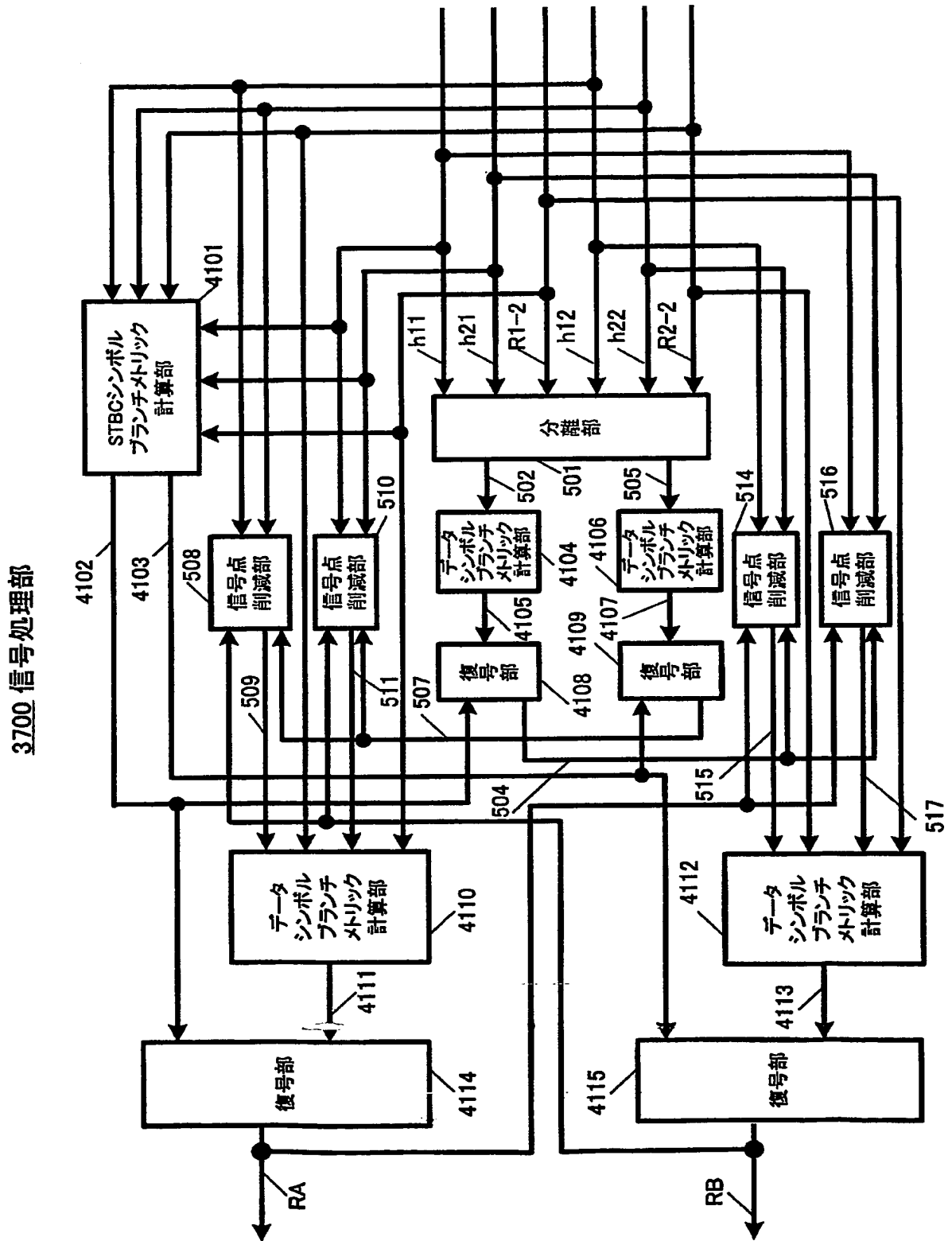
202A (202B)



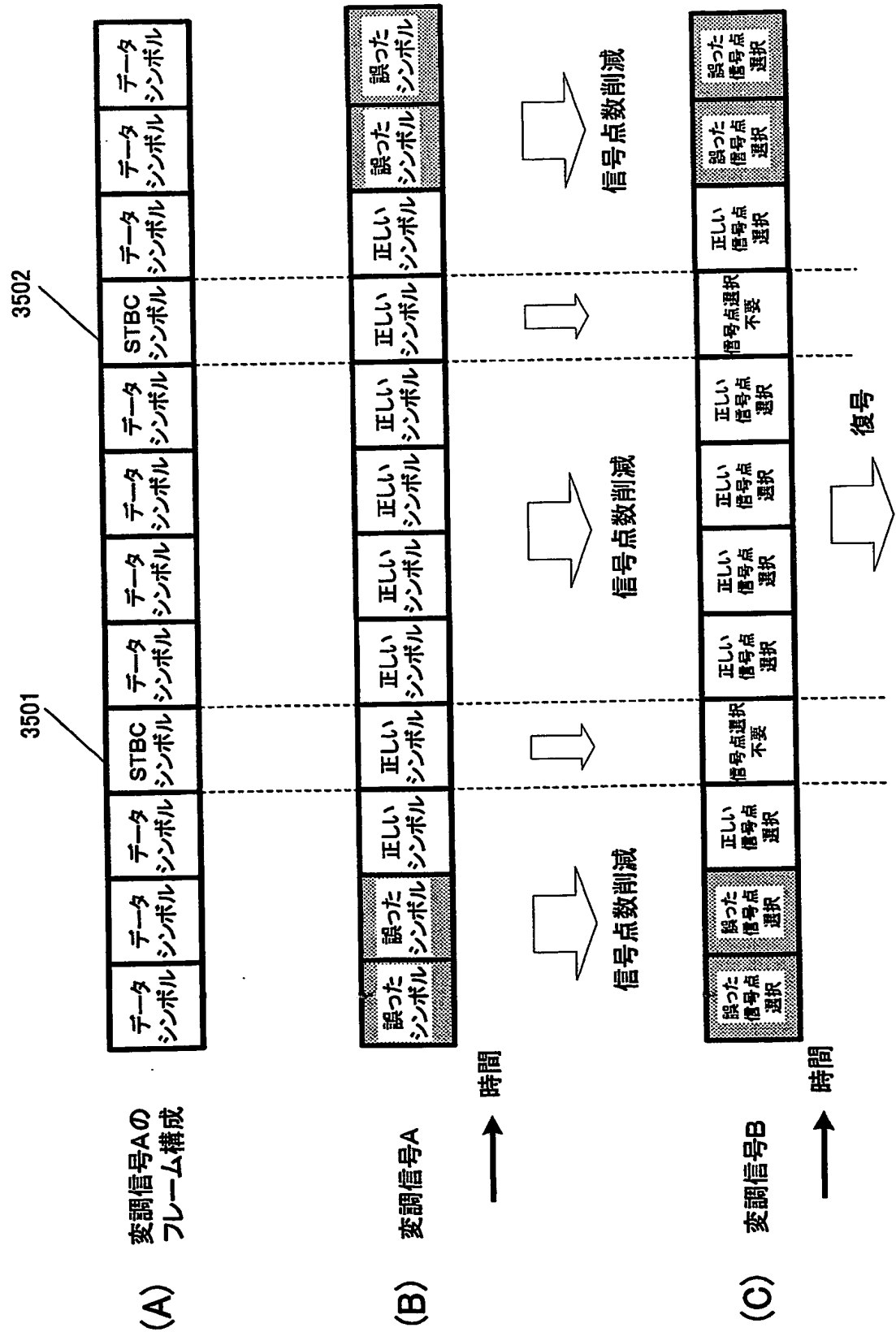
【図36】



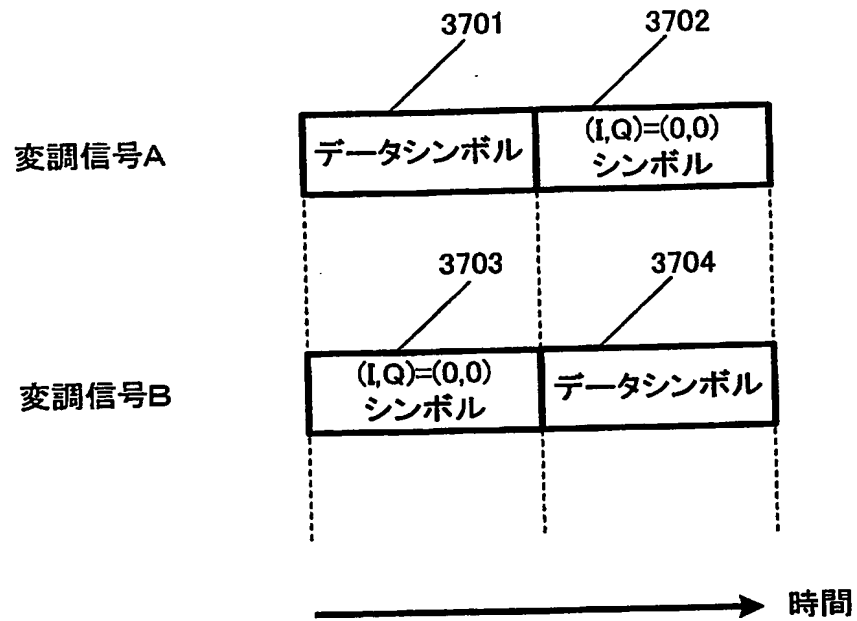
【図 37】



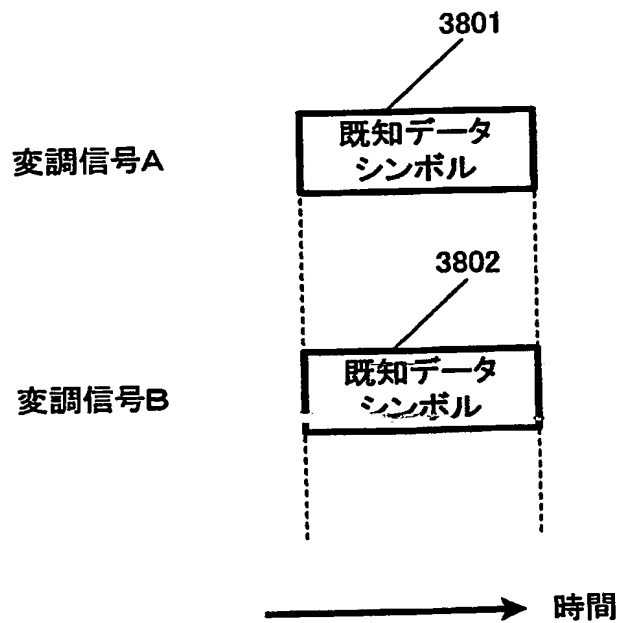
【図 38】



【図 39】

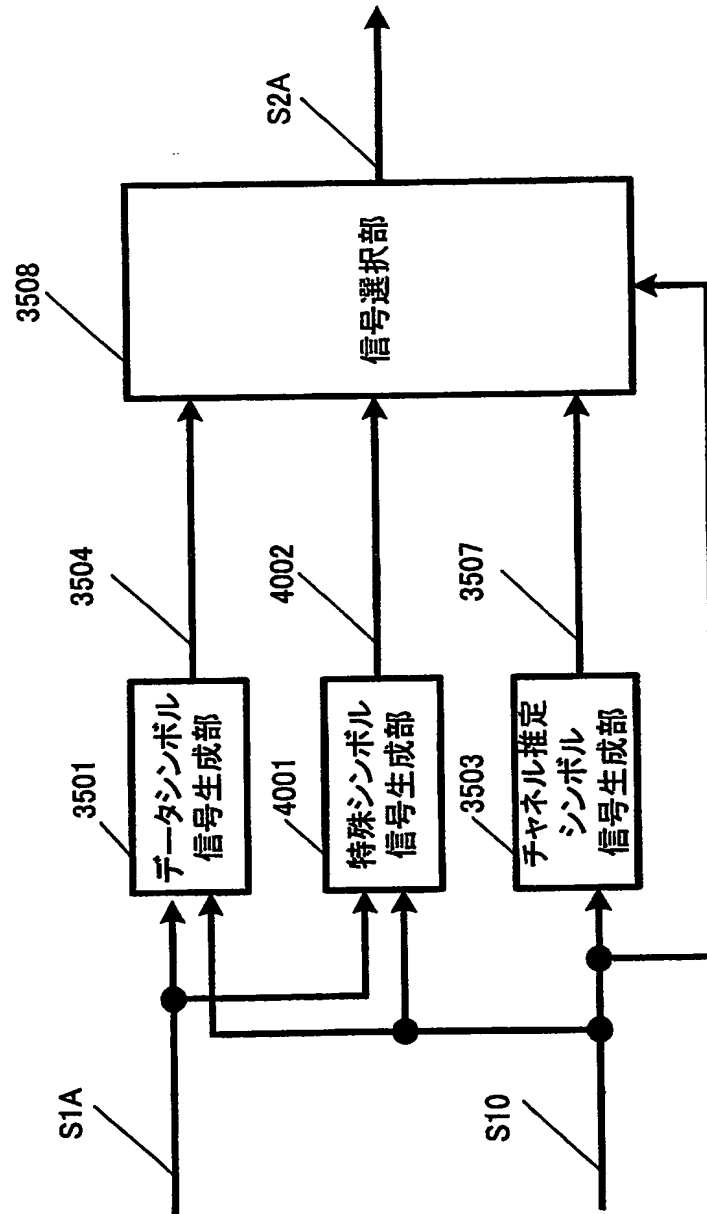


【図 40】



【図 41】

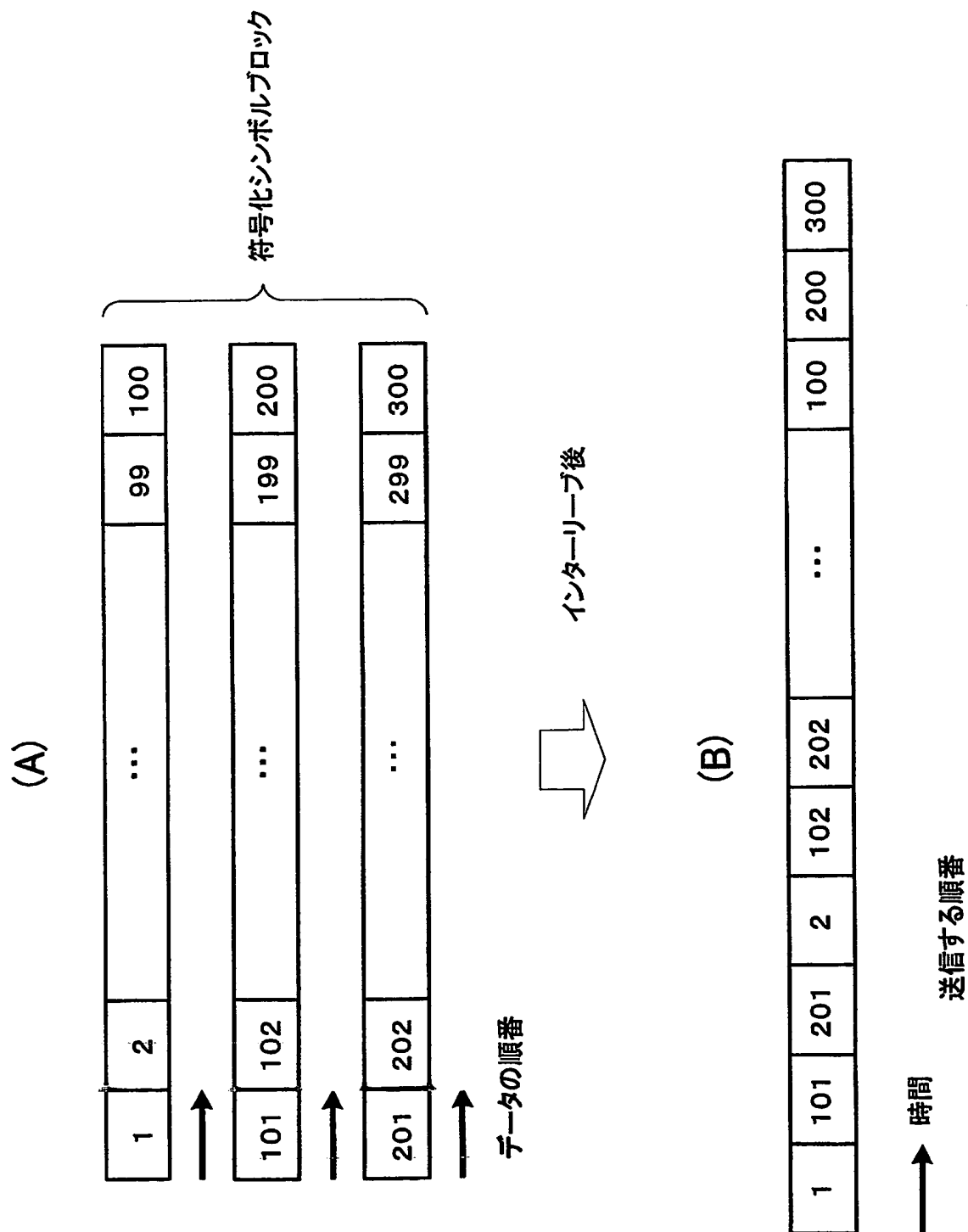
202A (202B)



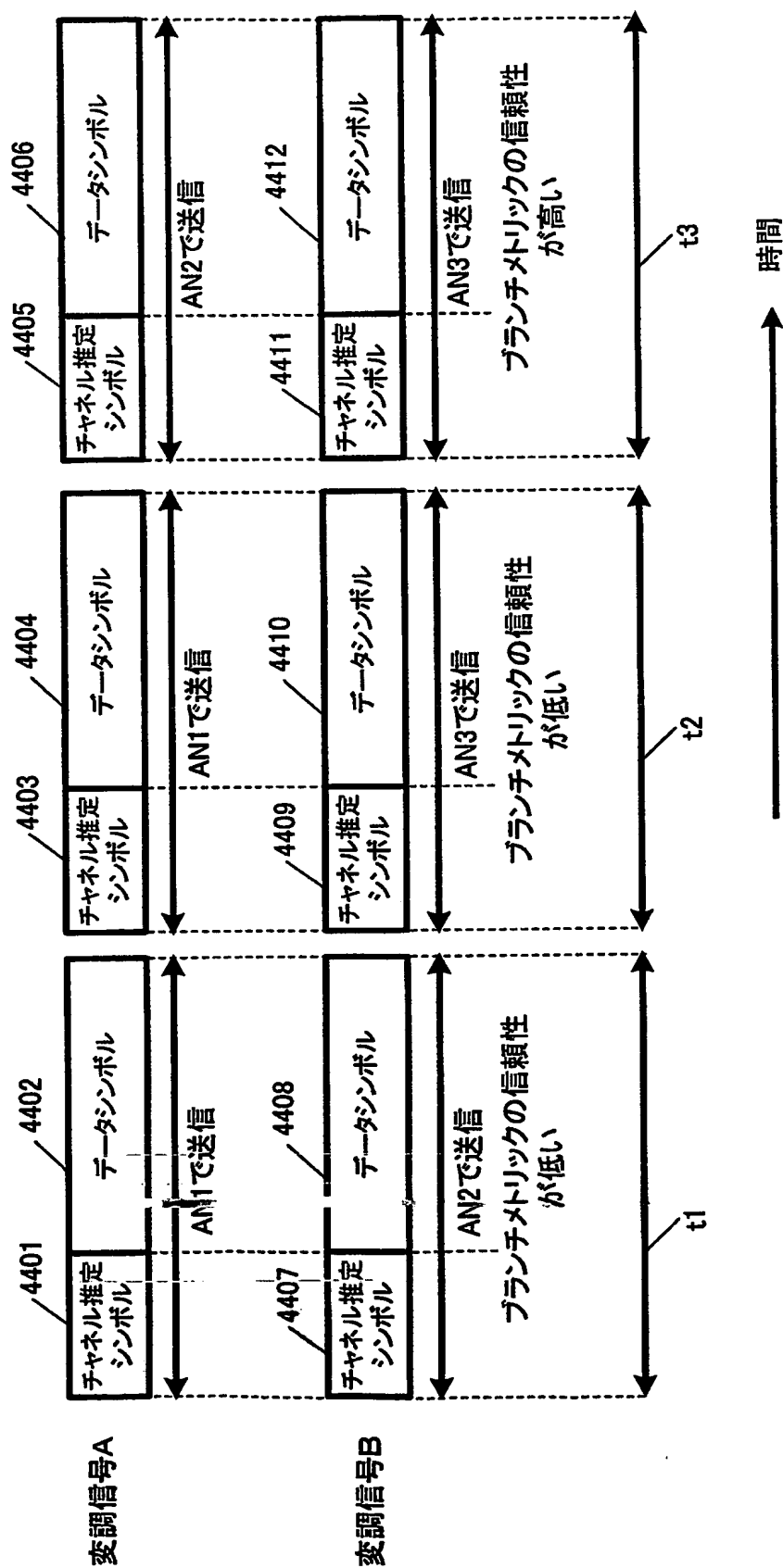




【図 43】

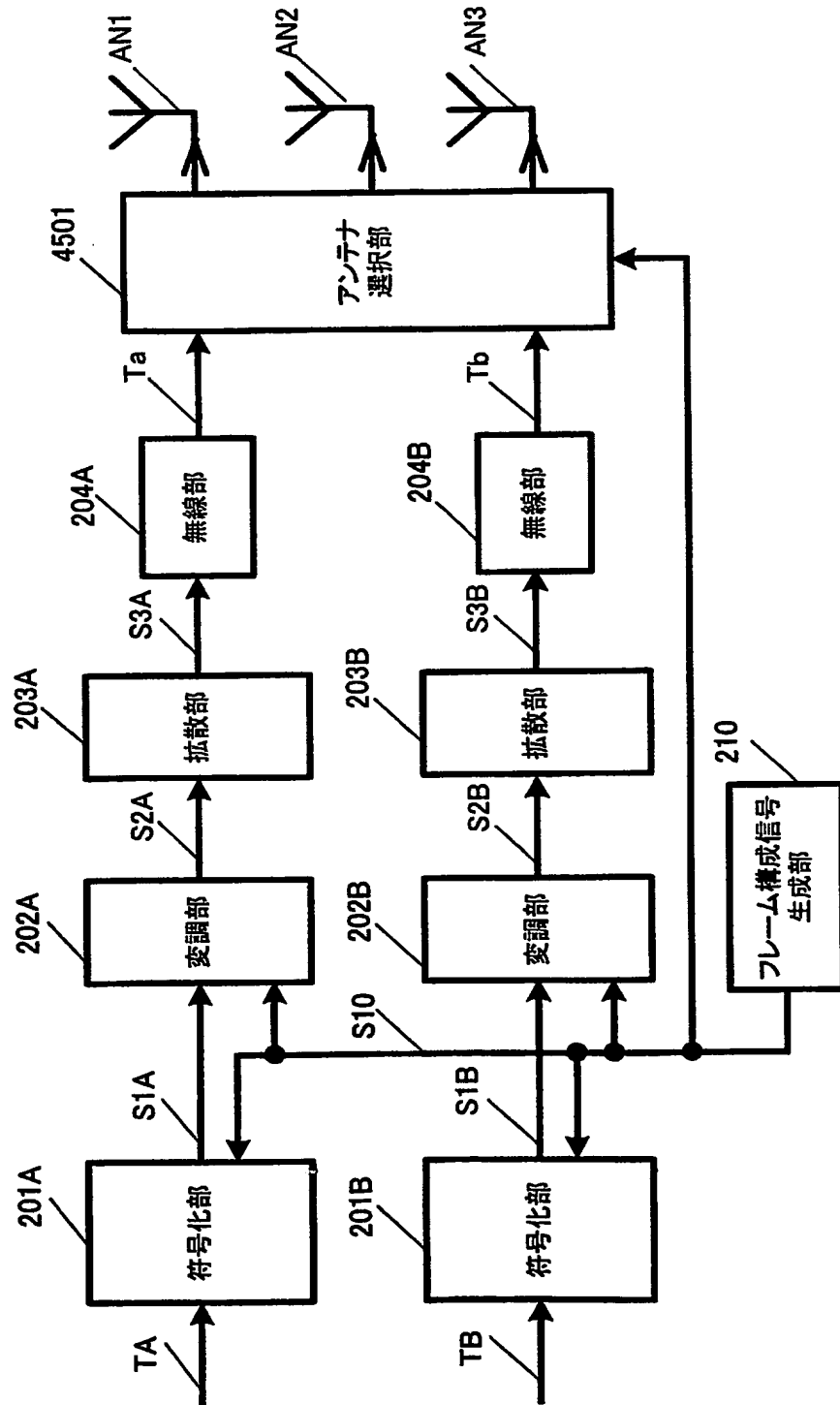


【図 4 4】

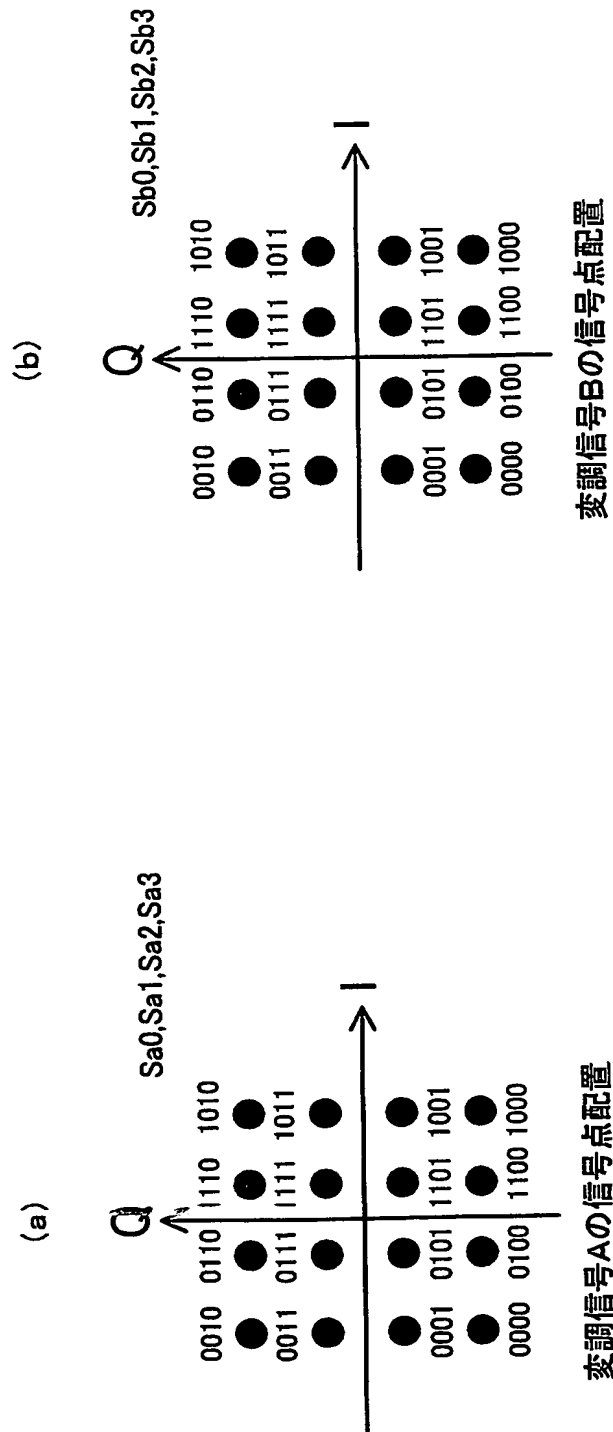


【図 45】

4500 マルチアンテナ送信装置

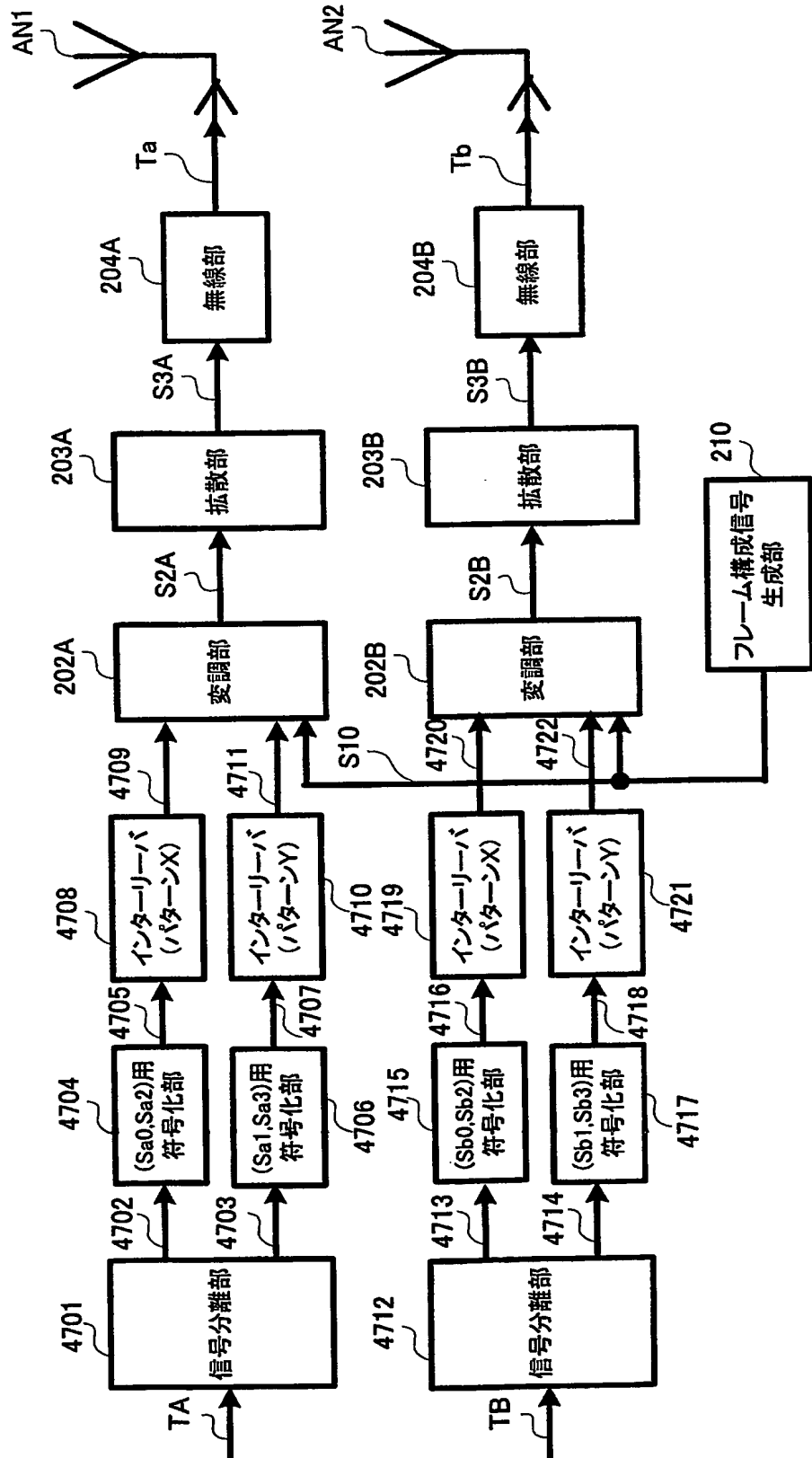


【図 4 6】

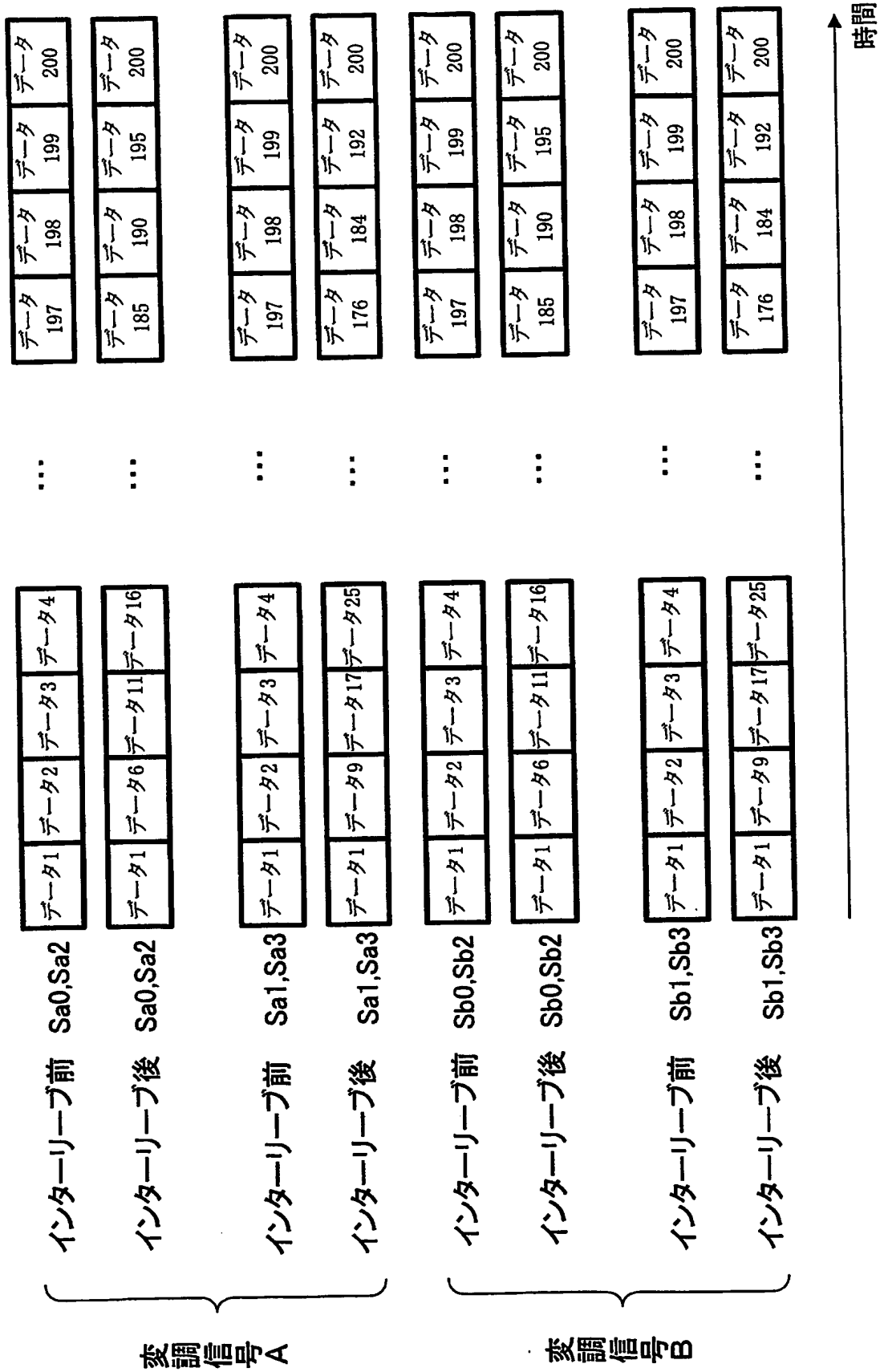


【図 47】

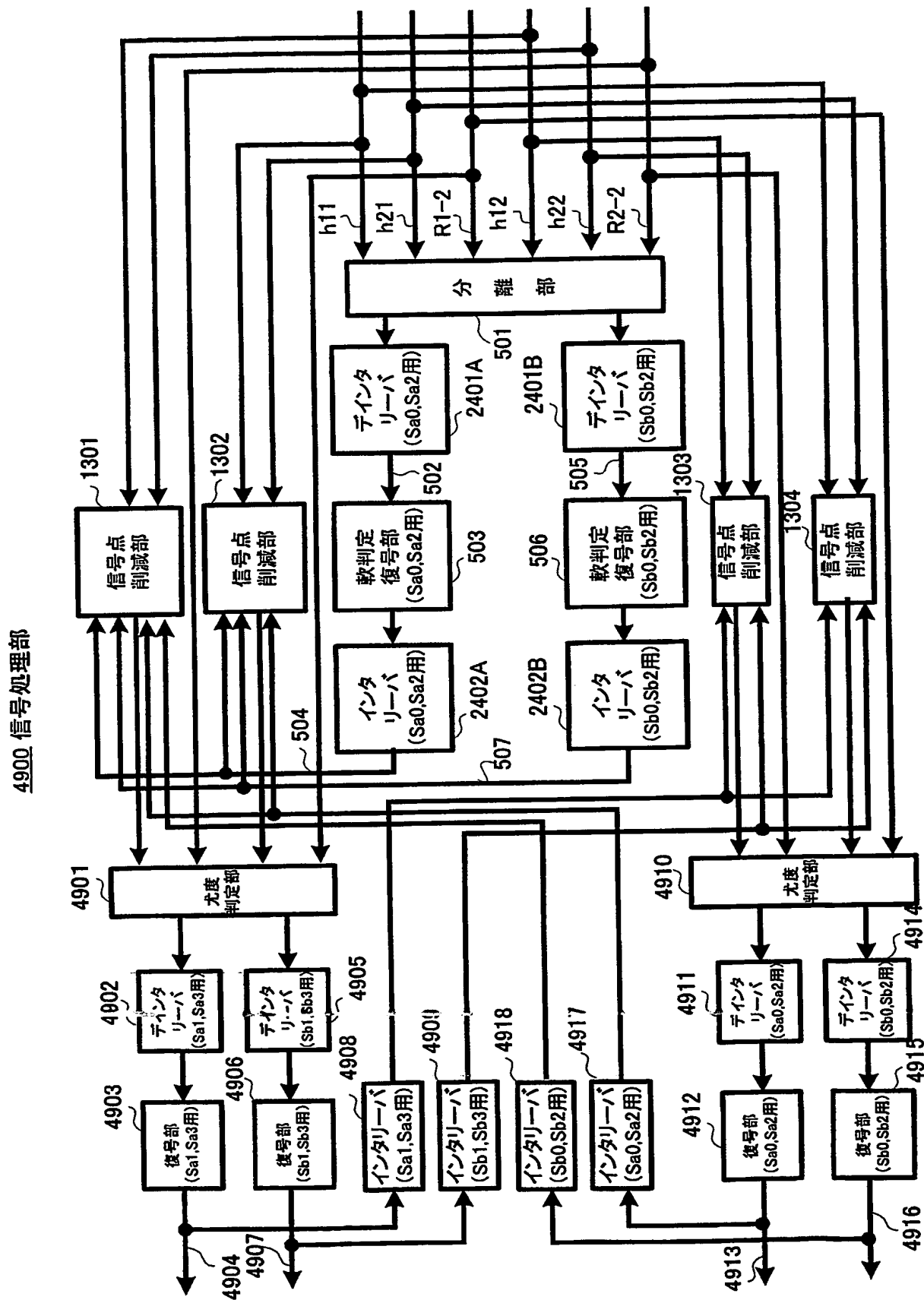
4700 マルチアンテナ送信装置



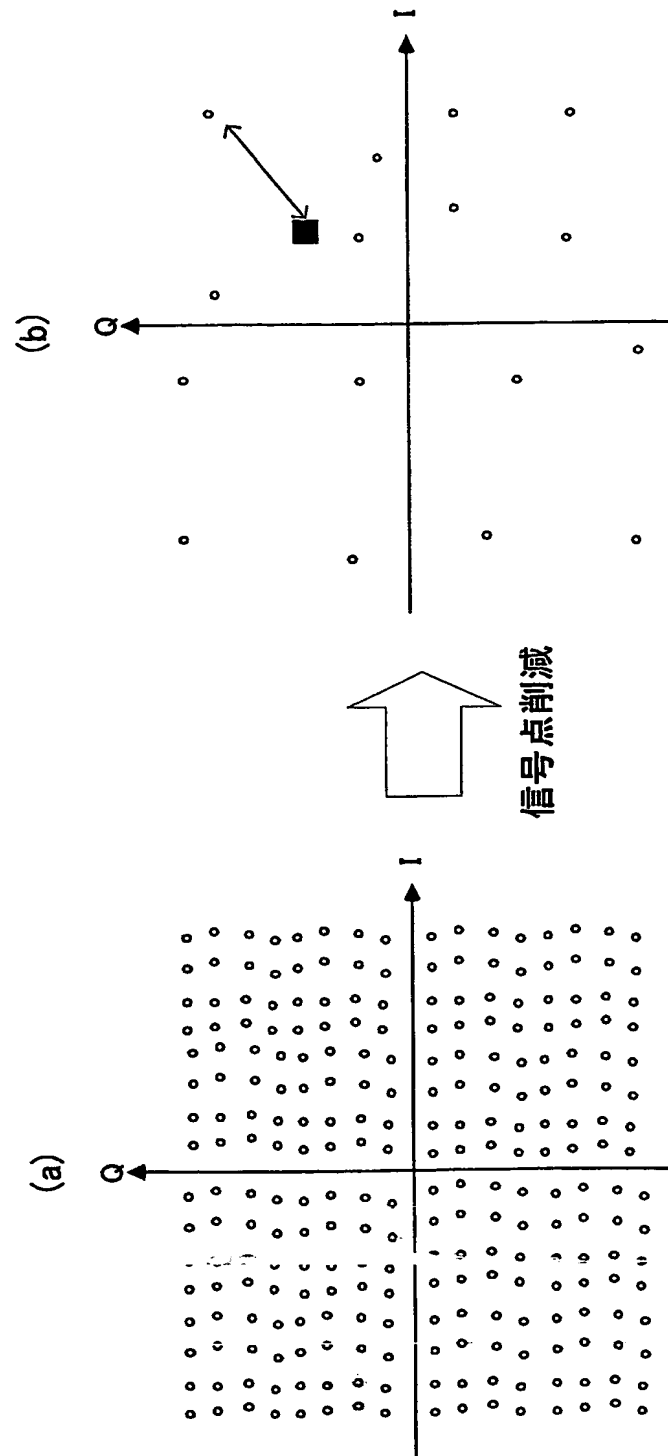
【図 48】



【図49】

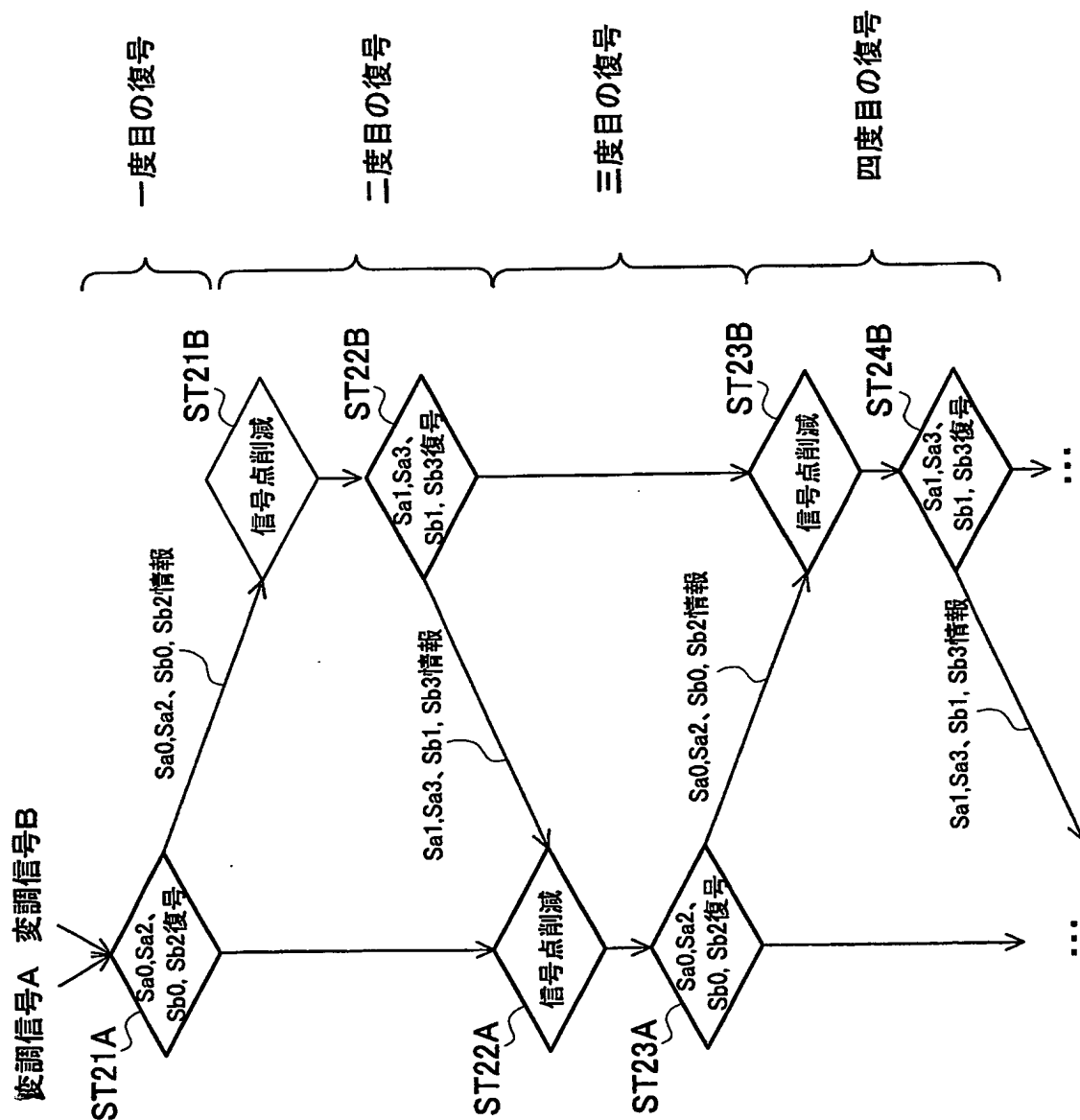


【図 50】

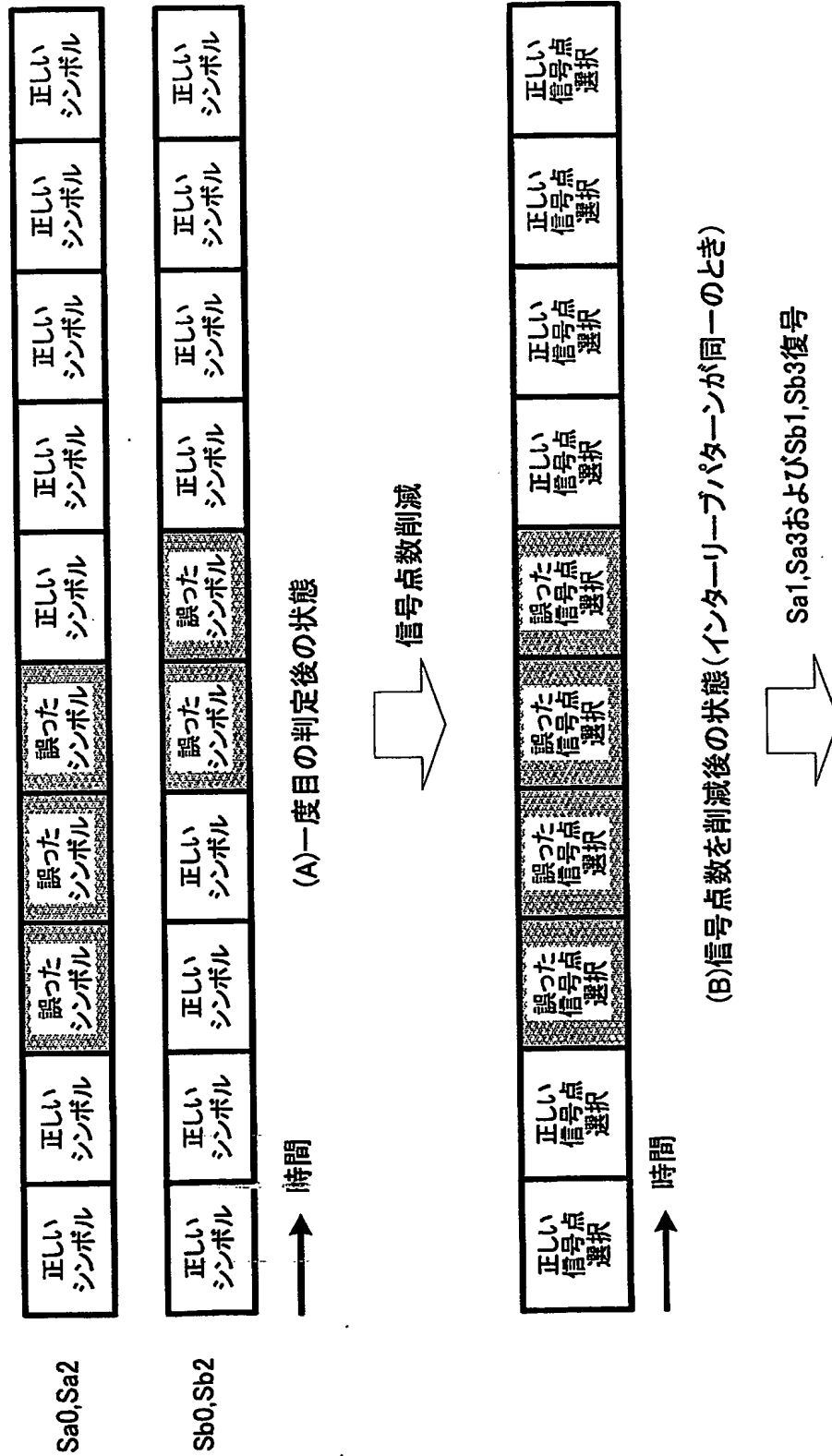




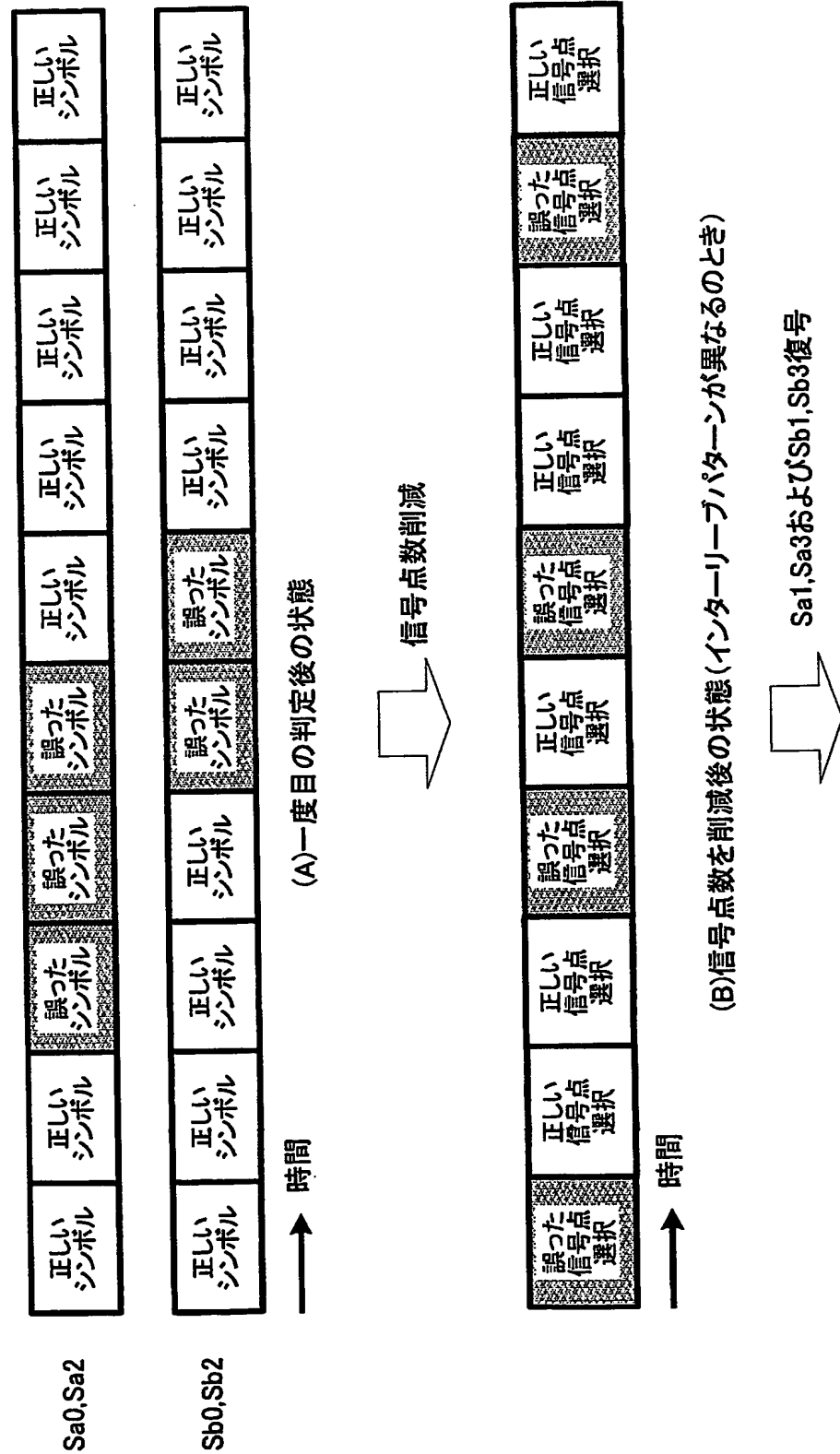
【図 51】



【図 52】

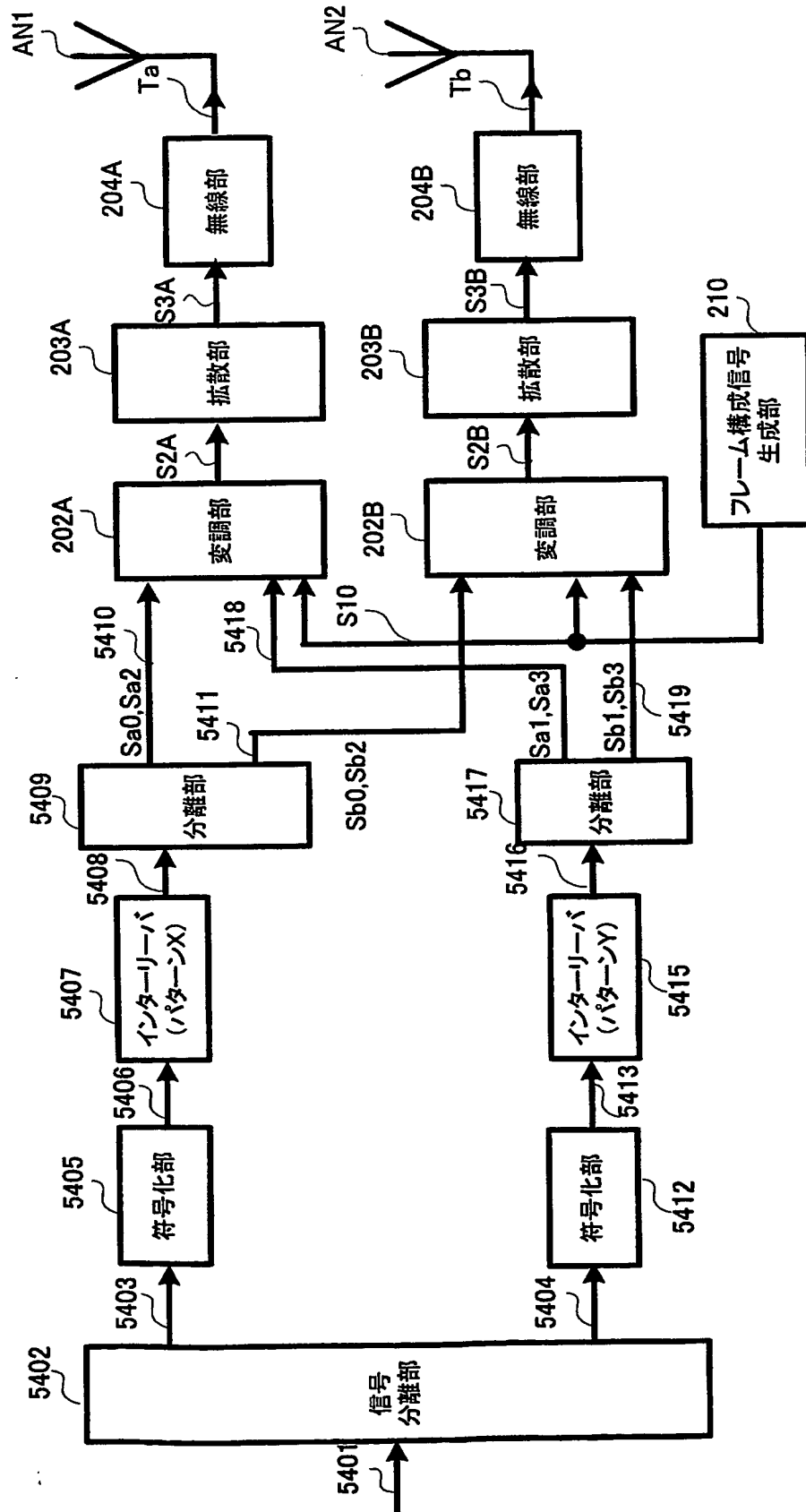


【図 53】



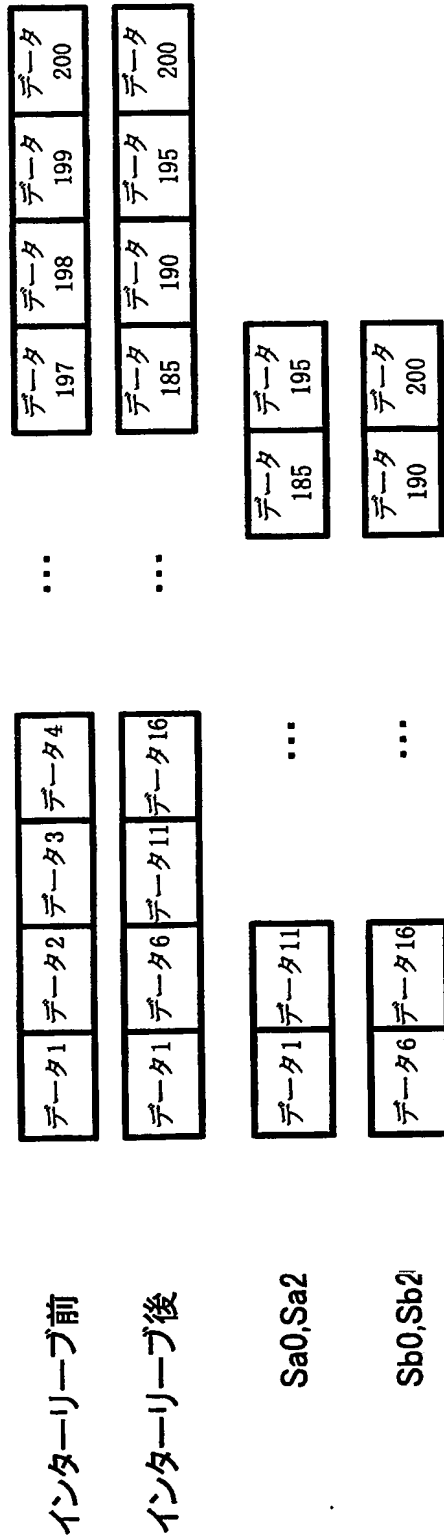
【図 54】

5400 マルチアンテナ送信装置

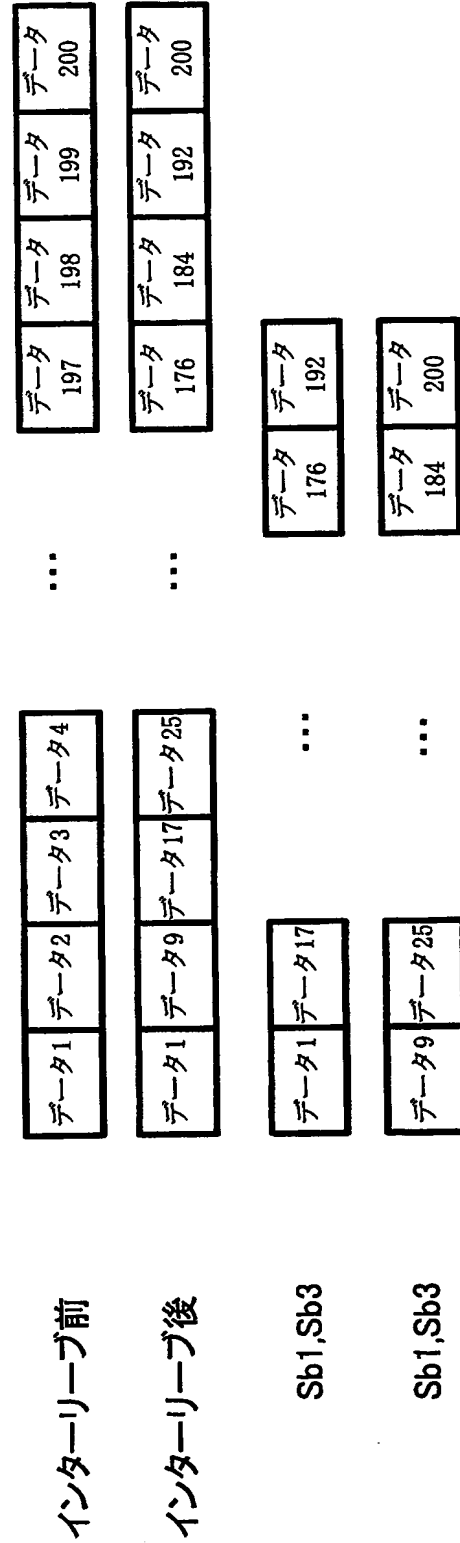


【図 55】

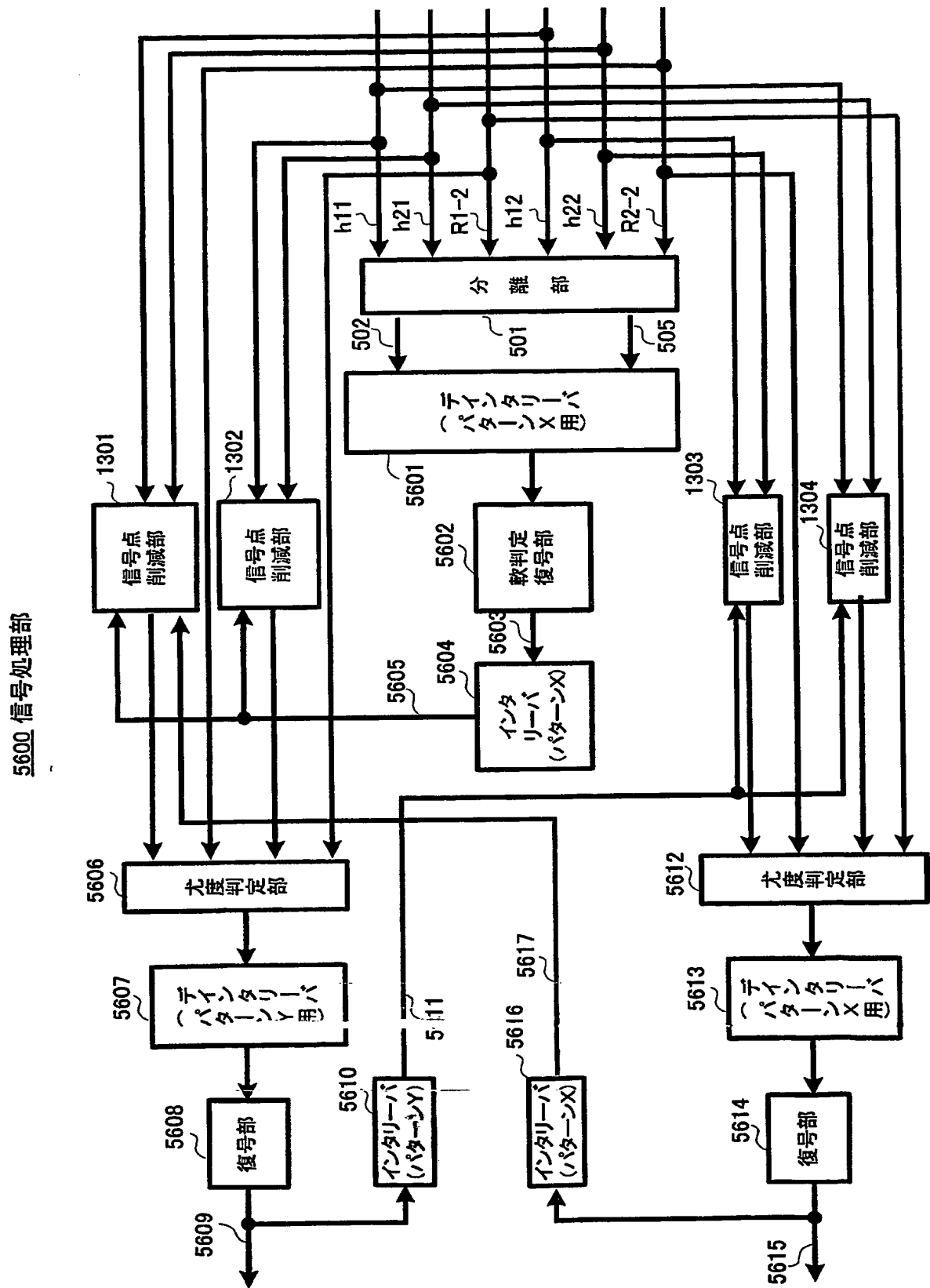
(a) インタリーパターン X



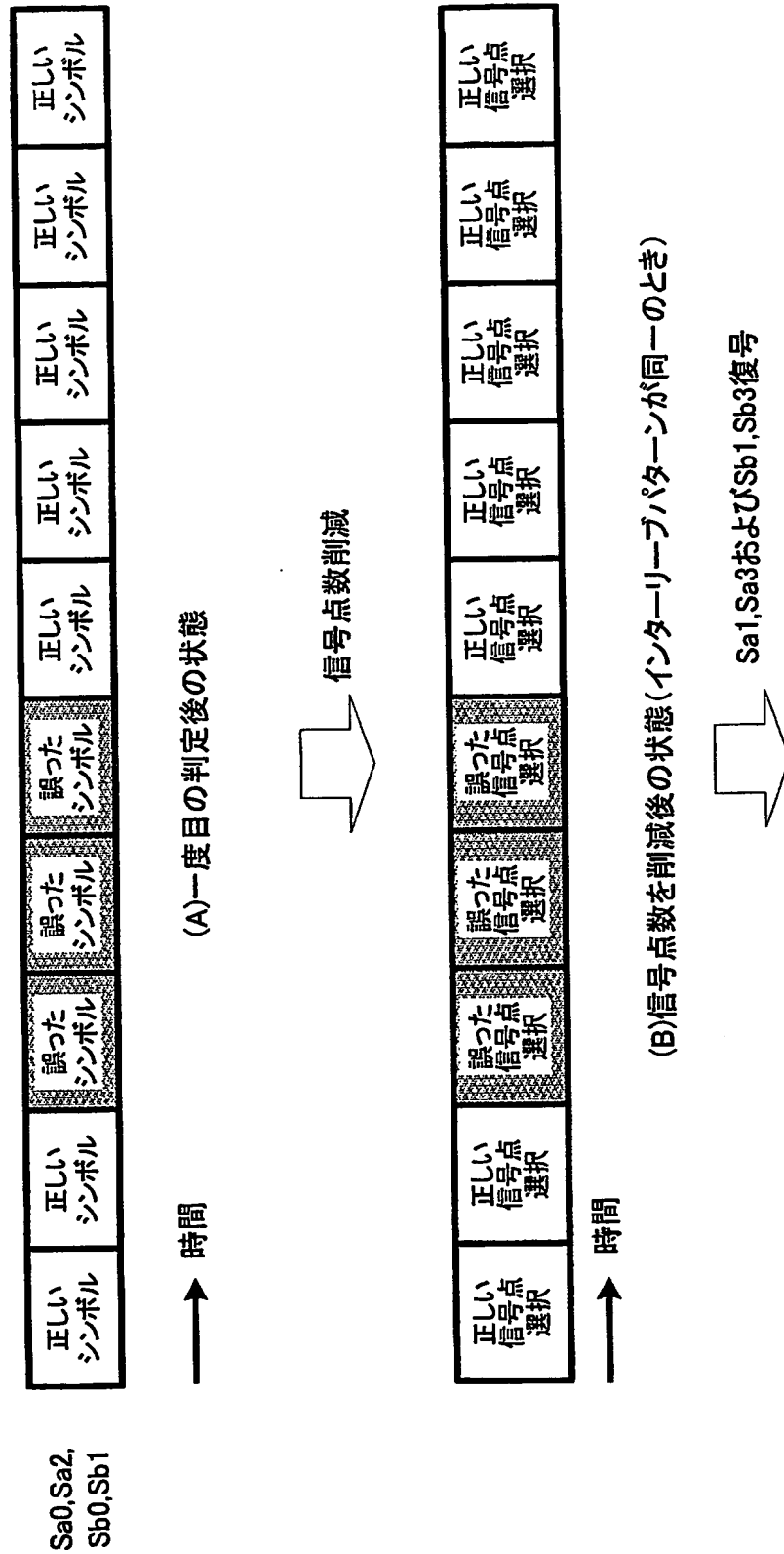
(b) インタリーパターン Y



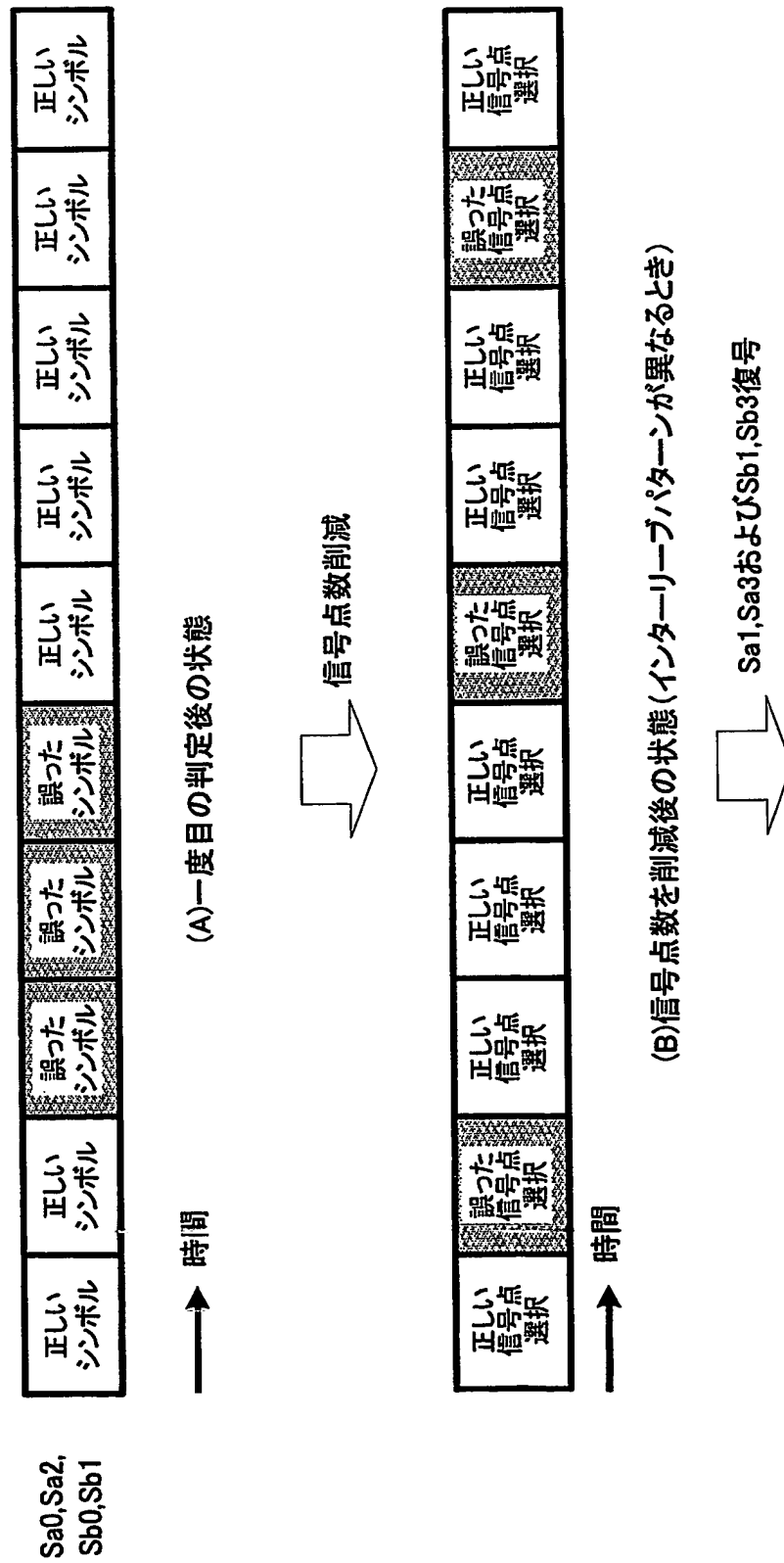
【図 56】



【図 57】

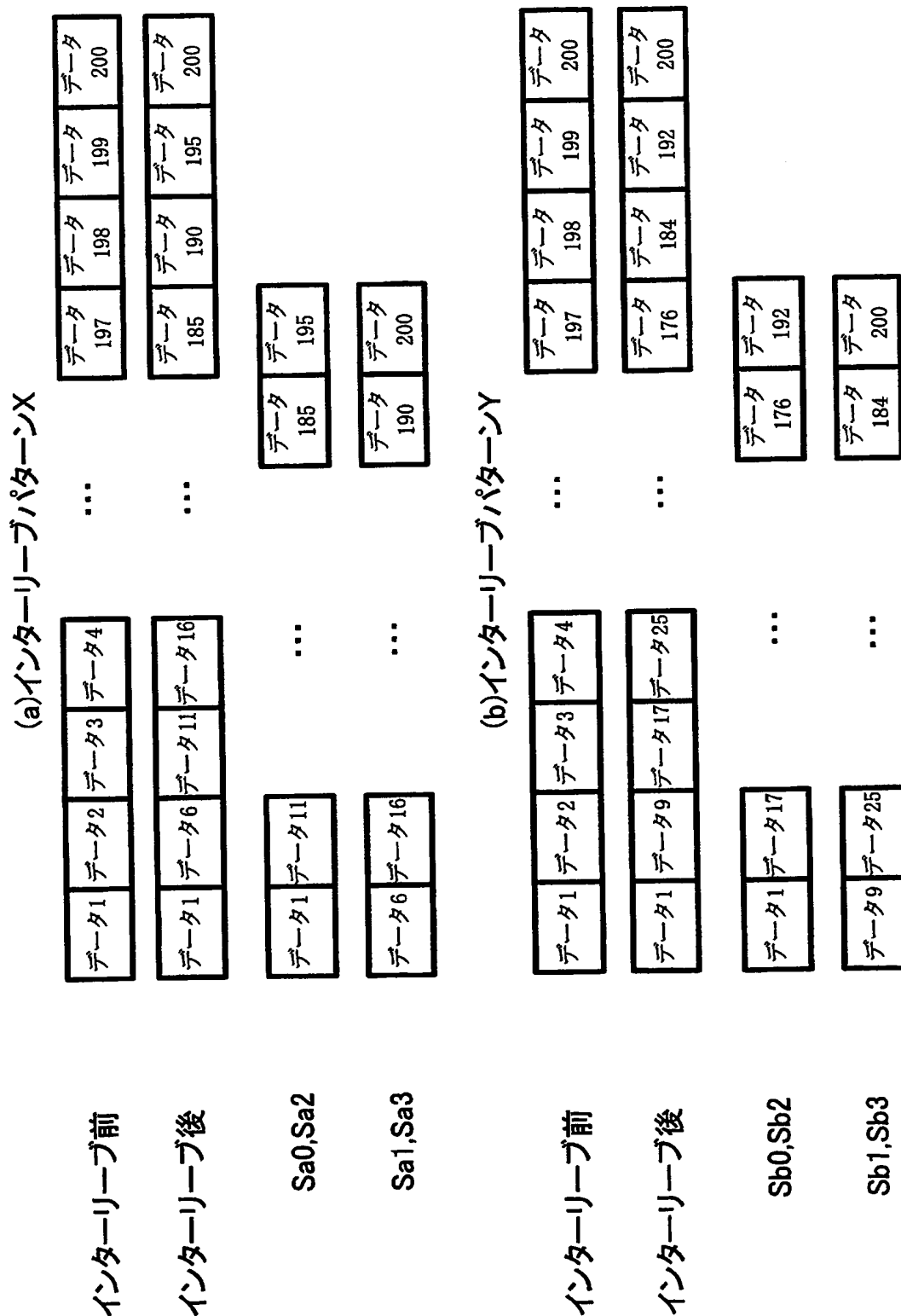


【図 58】

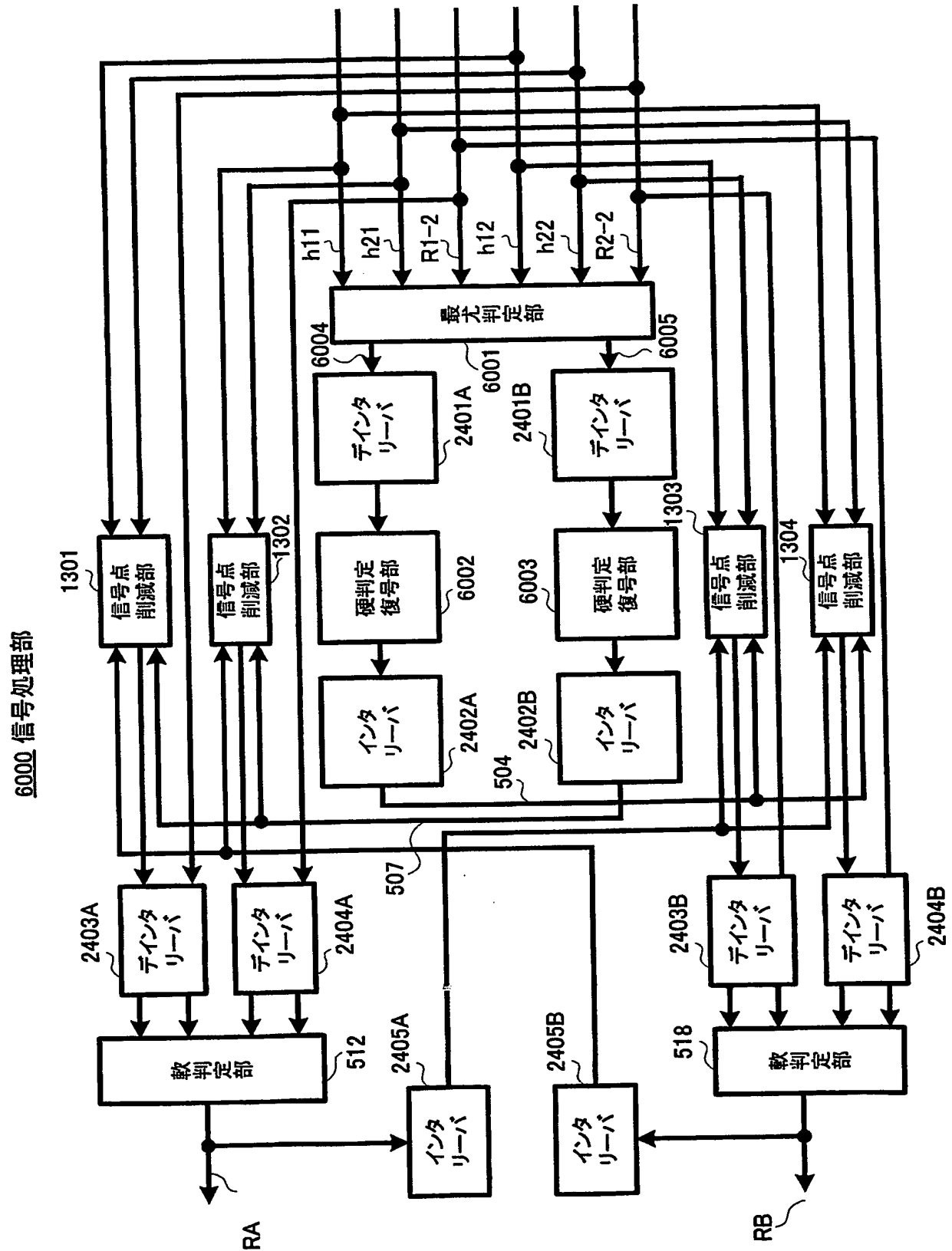




【図 59】

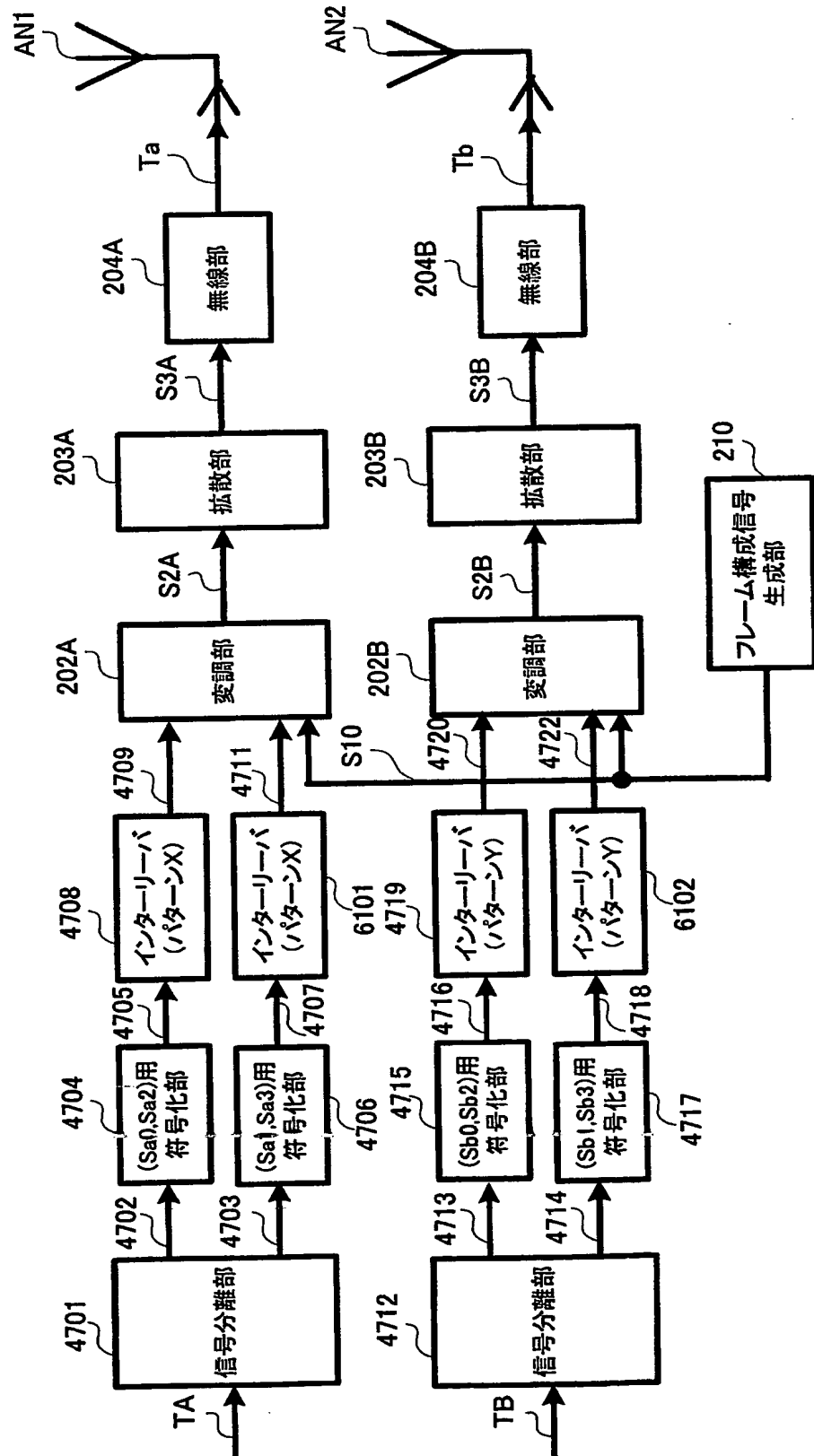


【図 60】



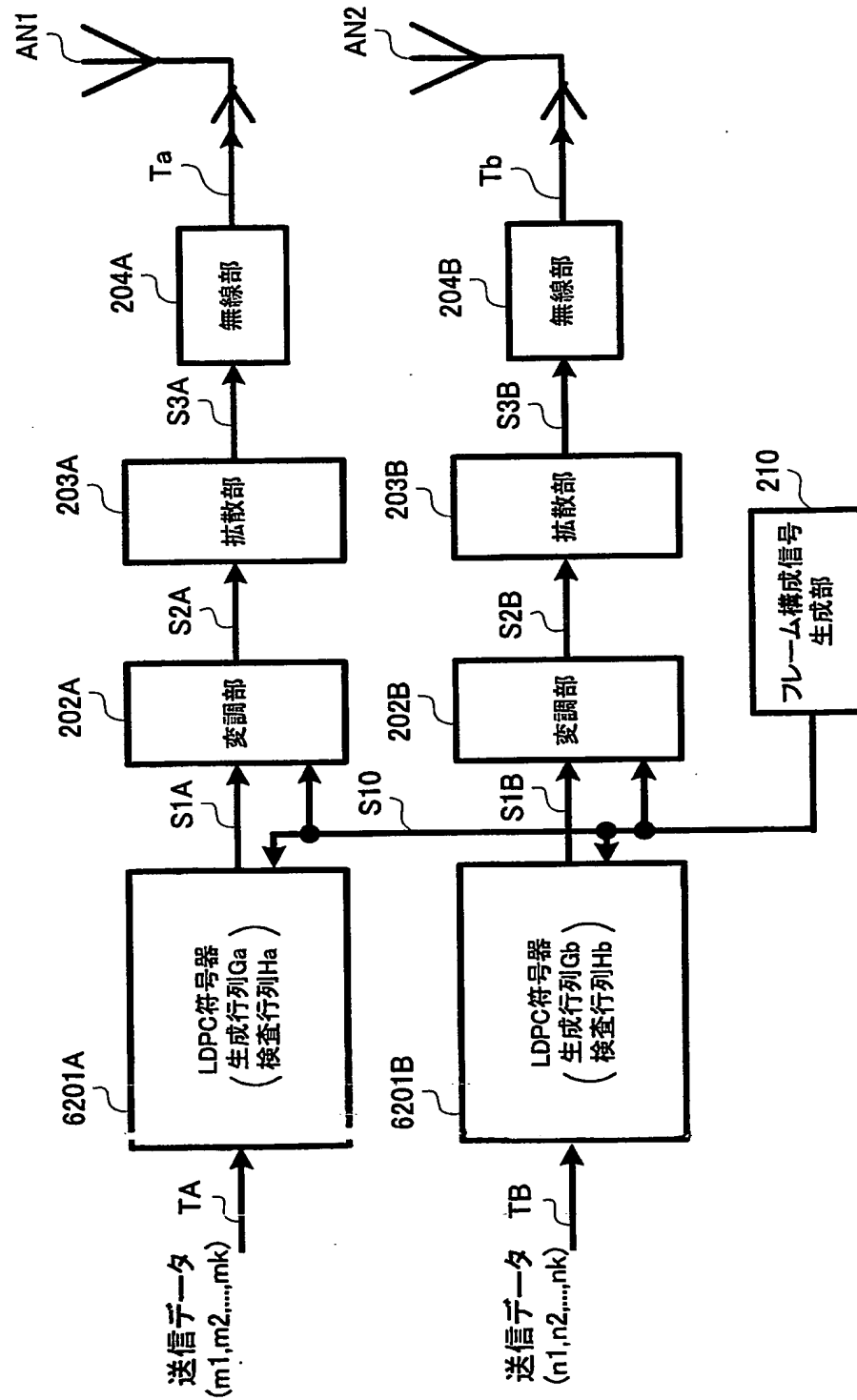
【図 61】

6100 マルチアンテナ送信装置



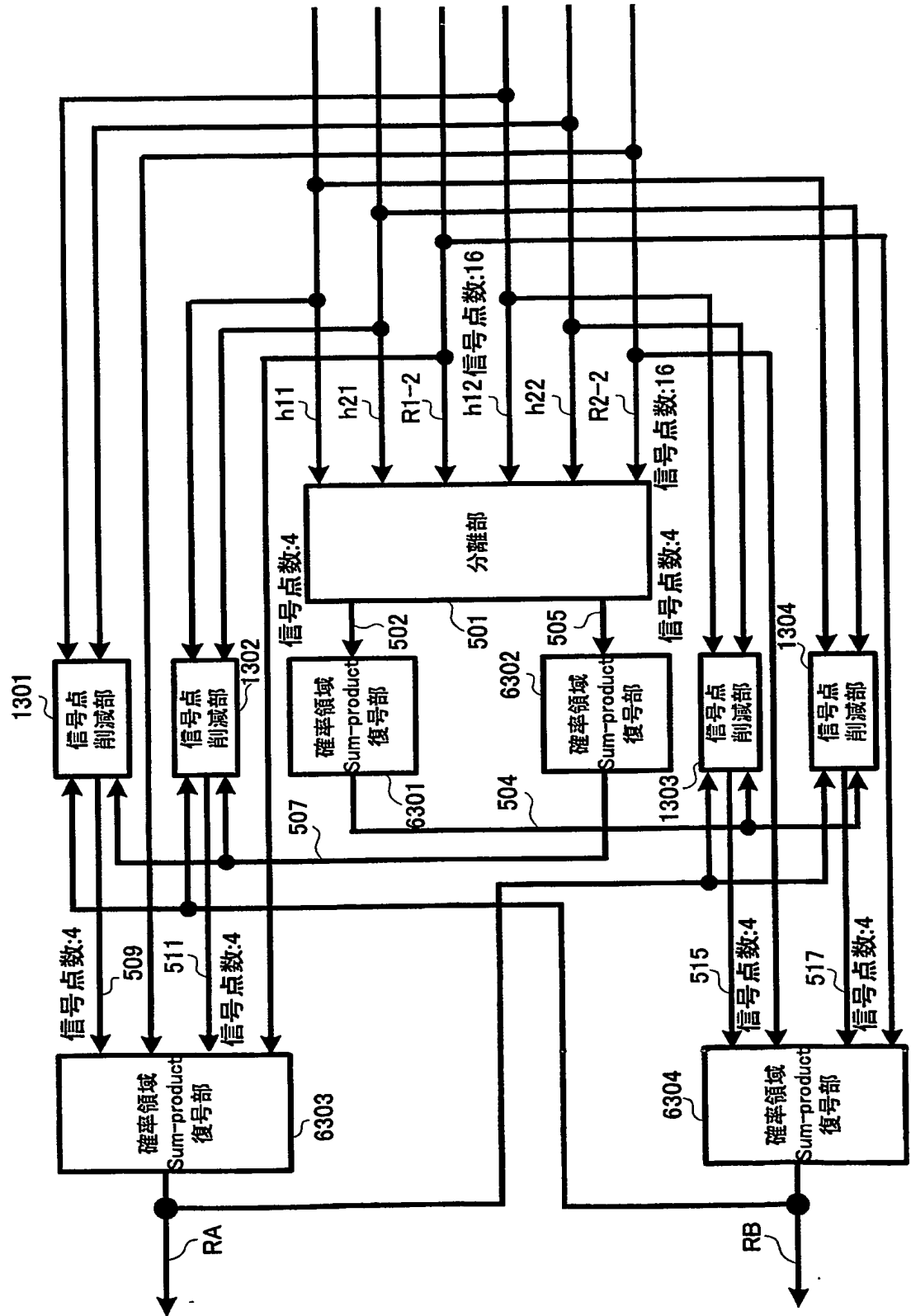
【図 6 2】

6200 マルチアンテナ送信装置

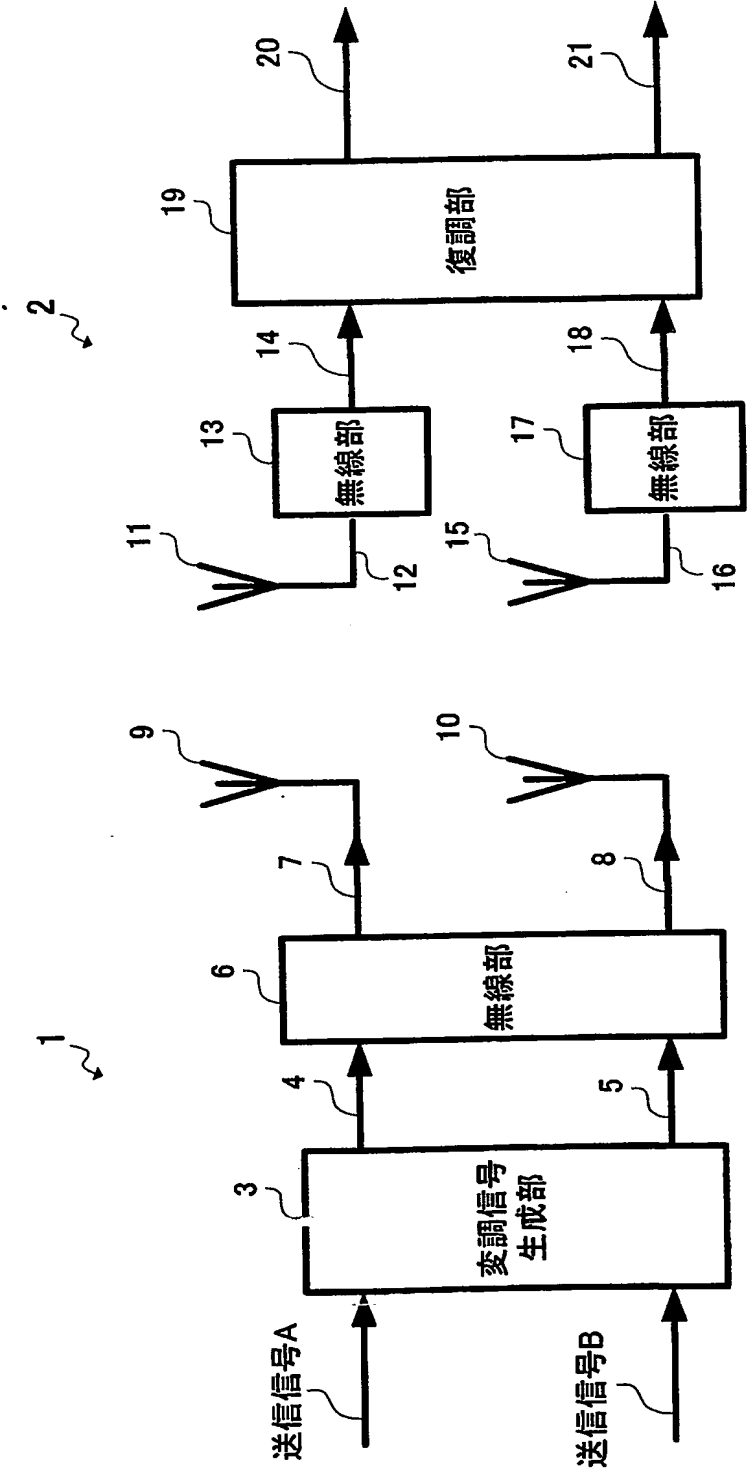


【図 63】

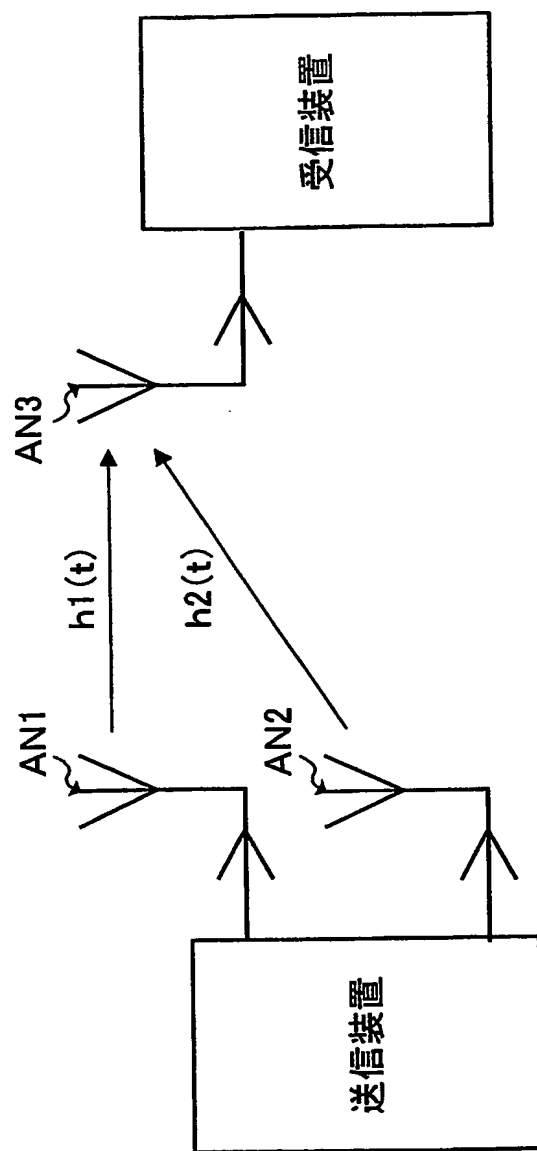
6300 信号処理部



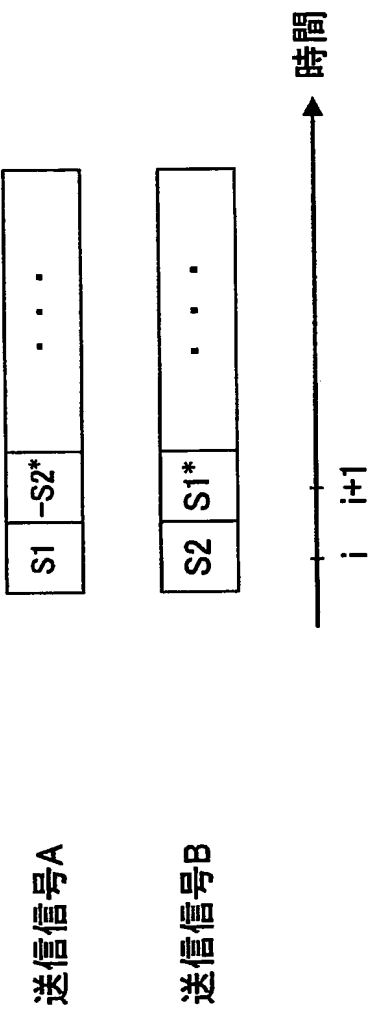
【図 6 4】



【図 65】



【図 66】





## 【書類名】要約書

## 【要約】

【課題】 データ伝送効率を低下させることなく、比較的少ない演算回数で誤り率特性の良い受信データを得ることができるマルチアンテナ受信装置を提供すること。

【解決手段】 軟判定部503、506は、分離部501でチャネル変動行列の逆行列演算を用いて分離された各変調信号502、505を仮判定する。信号点削減部508、510、514、516は、多重化された変調信号の候補信号点数を仮判定結果504、507を用いて削減する。軟判定部512、518は、削減した候補信号点を用いて正確な判定を行って各変調信号の受信データRA、RBを得る。これにより、データ伝送効率を低下させることなく、比較的少ない演算回数で誤り率特性の良い受信データRA、RBを得ることができる。

【選択図】 図5

特願 2 0 0 4 - 0 7 1 7 8 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/017096

International filing date: 17 November 2004 (17.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-071780  
Filing date: 12 March 2004 (12.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 20 January 2005 (20.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**